N° 15-16 15-31 AOUT 1929

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **Louis OLIVIER** (1890-1910) — DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923)

DIRECTEUR : **Louis MANGIN**, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum national d'Histoire Naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. CH. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris, — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

1. — Sciences physiques.

Les réactions entre acides et bases en milieu gazeux et le produit de volatilité.

1. La formation des fumées par union, à l'état de gaz, des acides et des bases est un phénomène bien connu des chimistes. Ces réactions, aisément visibles, sont souvent utilisées dans les cours pour rendre apparent un dégagement d'ammoniac ou d'un gaz acide. Cependant, elles n'avaient fait l'objet d'aucune étude approfondie jusqu'aux recherches que M. Tian vient de leur consacrer (*Journal de Chimie Physique*, 25 février 1929).

2. Indépendamment de leur intérêt pratique, ces recherches sur la neutralisation dans une phase gazeuse des acides et des bases sont en outre fort intéressantes d'un point de vue plus général. Il s'agit, en effet, d'une réaction en tout point comparable à celle qui fournit un sel insoluble par l'union d'un acide dissous et d'une base dissoute; dans l'un et l'autre cas, une phase nouvelle prend naissance et son apparition se manifeste par un trouble. On sait que la précipitation d'un sel peu soluble n'est possible que si le mélange des solutions étendues contenant respectivement chacun des deux ions du sel a permis d'atteindre le produit de solubilité de ce sel. Il était donc intéressant de voir si, dans une phase gazeuse diluée, la précipitation du sel ne serait pas régie par une loi analogue, la volatilité du sel jouant ici le rôle de la solubilité.

Cette étude a porté sur des sels non métalliques, formés à partir des bases et des acides volatils, analogues à ceux que donnent, par exemple, l'ammoniaque et l'acide chlorhydrique. Parmi tous les sels connus ceux-ci présentent une volatilité particulière. L'auteur les désigne sous le nom de « sels volatils ». Les constituants de ces sels sont donc toujours l'acide et la base elles-mêmes (et non, comme pour les sels ordinaires, l'anhydride de l'acide ou celui de la base).

3. De même que les réactions ioniques en solution sont toutes réversibles et, par suite, limitées, l'auteur montre qu'il en est ainsi pour les réactions en phase gazeuse entre bases et acides volatils.

Du moins à froid, la volatilité du sel est généralement assez faible pour que l'on puisse appliquer la loi de Guldberg et Waage à la phase gazeuse diluée résultant de la dissociation :

$$\text{sel} \rightleftarrows \text{acide} + \text{base}.$$

On a ainsi, entre les concentrations de la vapeur saline et celles de ses constituants (supposés ici monoacide et monobasique), la relation :

$$\frac{(\text{acide}) \times (\text{base})}{\text{sel})} = K.$$

K étant la constante d'équilibre. Lorsque, par saturation à l'état de gaz d'un acide par une base, les fumées apparaissent, la pression saline devient fixe, à température donnée et l'on a :

$$(\text{acide}) \times (\text{base}) = P.$$

Cette valeur fixe P_v à laquelle correspond normalement la plus grande valeur du produit des concentrations de l'acide et de la base, à la température

de l'expérience, est donc tout à fait analogue au produit de solubilité d'un sel. M. Tian propose, par analogie, de désigner la quantité P sous le nom de produit de volatilité, ce qui lui permet d'énoncer la loi suivante : la précipitation d'un sel sous forme de fumées ne se produit que si, par le mélange de ses constituants gazeux, on atteint le produit de volatilité du sel.

Les expériences de vérification sont très simples en principe. Il suffit de mélanger les deux vapeurs acides et basiques, assez diluées pour arriver juste à la limite de précipitation, et vérifier que le produit des concentrations, à une température donnée, reste fixe lorsqu'on fait varier les proportions du mélange gazeux. La vérification n'est précise que si le poids du sel condensé nécessaire pour faire apparaître une fumée visible est négligeable vis-à-vis du poids de chacun des réactifs. L'auteur a obtenu une bonne vérification par le mélange de vapeurs d'acide acétique et de pyridine.

4. Il existe une relation entre la stabilité du sel et l'ionisation de ses constituants dissous, la vapeur du sel est d'autant plus dédoublée en acide et en base que la force de ceux-ci est moindre.

On sait que l'hydrolyse des sels dont l'acide et la base sont faibles est aussi très prononcée. Il y a donc parallélisme entre la dissociation hydrolytique d'un sel et sa dissociation gazeuse.

La dissociation qu'éprouvent les sels volatils en phase gazeuse étant analogue à la dissociation électrolytique des sels, M. Tian a pensé qu'à la loi de Berthollet relative aux solutions doit correspondre une loi toute semblable se rapportant aux réactions de double échange entre sels gazeux.

Soient deux sels volatils considérés à l'état de gaz. Puisque ces sels sont dissociés, leur mélange doit fournir deux nouveaux sels par échange des constituants. On obtiendra donc, en général, quatre sels, tous dissociés. Si le produit de volatilité de l'un d'eux est atteint, ce sel tend à se séparer de la phase gazeuse, d'où production de fumées. La réaction de double échange continue alors à se poursuivre, et en même temps le dépôt de sel, jusqu'à ce que le produit [acide] $\times$ [base], relatif aux constituants du sel précipité, soit ramené à avoir la valeur du produit de volatilité de ce sel à la température de l'expérience. Si ce produit est négligeable, la réaction est pratiquement complète.

5. Parmi les applications possibles des résultats précédents, M. Tian signale :

1° la recherche dans un mélange gazeux, des acides et des bases;

2° la recherche, à côté d'un acide fixe, d'un acide volatil; à côté d'une base fixe, d'une base volatile.

3° la recherche d'un acide volatil fort, à côté d'acides volatils faibles, par emploi d'une base assez faible pour ne fumer qu'avec l'acide fort (en solution ajouter SO^4H^2 pour diminuer l'ionisation de cet acide et augmenter sa volatilité);

4° la recherche d'une base volatile forte à côté de bases volatiles faibles, par une méthode analogue;

5° la recherche de sels d'acides volatils par déplacement de ces derniers par SO^4H^2, de même, la recherche de sels de bases volatiles après action de NaOH.

6° La recherche des halogènes et de divers composés minéraux (Cl^2O, S^2Cl^2, NO^2, PCl^3, $SbCl^5$...) ou organiques (anhydrides et chlorures d'acides, sels volatils de bases organiques...).

L'emploi de la méthode des fumées présente souvent un intérêt particulier en analyse, du fait de la très faible quantité de matière nécessaire, de la sensibilité et surtout de la rapidité de ces sortes d'essais. C'est ainsi qu'on peut constater immédiatement, à l'aide d'une goutte de pipéridine la présence de produits nitreux ou d'autres acides volatils dans un acide sulfurique, l'existence d'halogénures dans un phosphate ou un silicate naturel imprégné d'acide sulfurique, l'altération d'un chloroforme, etc.

A. B.

§ 2. — Art de l'Ingénieur.

Vitesse des navires dans le canal de Suez.

Le « débit » d'une voie est un élément important d'appréciation à considérer dans l'étude des transports. Tout accroissement raisonnable de vitesse des moyens de transport correspond à une utilisation meilleure de la voie considérée.

Le trafic par les grands canaux maritimes est soumis, plus que partout ailleurs peut-être, à des contingences très strictes, la vitesse des navires ne pouvant dépasser certaines limites imposées par la section du canal, la nature des berges, etc. Le croisement des navires exige des garages suffisamment nombreux en des zones plus élargies; la vitesse doit rester faible sous peine de voir le remous de l'eau produit par le passage des navires détériorer les berges sauf si elles sont protégées par un solide revêtement. En ce qui concerne le canal de Suez, la Compagnie universelle du canal s'est toujours efforcée de réduire la durée du séjour des navires dans le canal par des améliorations ininterrompues apportées tant au canal lui-même qu'à son outillage.

Voici d'après le Bulletin décadaire publié par la Compagnie universelle du canal maritime de Suez les résultats notés au cours du premier trimestre 1929 :

Durée totale de la traversée	Nombre de traversées	Proportion %	Marche effective moyenne	Séjour total moyen
14 heures ou moins	839	52,1	11h19m	12h10m
14 h. à 18 h.	502	31,2	12 22	15 44
Au-dessus de 18 heures	270	16,7	12 45	23 31
Ensemble	1.611	100	11h53m	15h11m

Ainsi actuellement une moitié des navires traverse le canal à la vitesse moyenne de 14 kilomètres à l'heure (11 h. 19 m. pour un trajet de 160 km.) ce qui suppose, puisqu'il s'agit d'une moyenne, que la vitesse réelle maxima a dépassé largement ce chiffre. Quant au séjour total dans le canal (haltes comprises) il n'excède pas 12 h. 10 m. pour les mêmes navires.

Il suffit d'ailleurs d'effectuer la traversée du canal de Suez à quelques années d'intervalle pour se rendre compte chaque fois des accroissements de vitesse des paquebots, corrélatifs des progrès incessants réalisés par les ingénieurs de la Compagnie du canal de Suez.

M. R.

*
**

Le shimmy et le dandinement des voitures automobiles.

Nous voulons rappeler ici quelles sont les grandes lois qui régissent les mouvements périodiques de l'avant d'une voiture automobile.

Ces oscillations se manifestent sous deux formes principales très différentes : le dandinement et le shimmy.

Le dandinement se produit aux allures réduites, de la voiture, et certaines voitures y sont sujettes à partir de 10 km. à l'heure. Il se traduit par un mouvement alternatif des roues avant autour de l'axe de pivotement des fusées, mouvement qui est doublé d'une translation de l'essieu de part et d'autre de sa position moyenne.

Le dandinement ne s'accompagne d'aucun soulèvement des roues avant, par rapport au sol et les roues décrivent une sinusoïde non interrompue, particulièrement nette à certaines vitesses de la voiture; en deça ou au delà de ces vitesses critiques, le phénomène disparaît.

Quant au shimmy, il est caractérisé également par des vitesses critiques, mais des vitesses généralement très élevées (80 km. à l'heure, et au-dessus).

Il prend naissance notamment sur les routes unies; le mouvement périodique qui en résulte est beaucoup plus complexe que celui du dandinement, car, non seulement les roues oscillent autour de l'axe de pivotement des fusées, mais elles quittent le sol alternativement, de sorte que l'essieu avant décrit un cône dont l'axe est perpendiculaire à l'axe de la voiture, et parallèle à la route. La trace des roues sur le sol est donc une sinusoïde discontinue.

Il y a lieu de distinguer deux formes du shimmy, suivant que tout l'avant de la voiture participe en parfait synchronisme aux oscillations de l'essieu ou bien que ces oscillations n'intéressent que l'essieu lui-même, sans se transmettre au chassis.

Quelles sont les causes essentielles de ces phénomènes? Le dandinement peut être dû à une mauvaise épure de la direction, ou bien au pincement ou carrossage incorrect des roues avant; les jeux exagérés dans les différentes pièces de commande de direction; la faiblesse des ressorts contenus dans les boîtes à rotules, le mauvais équilibrage des roues sont encore des causes de dandinement.

Le dandinement relève donc d'un défaut de construction et peut être facilement corrigé.

Il n'en est pas de même du shimmy, car toute voiture, dès qu'elle atteint une certaine vitesse donne naissance au shimmy. On pourrait dire que c'est une transformation du dandinement, à partir d'une vitesse déterminée, et que par suite les causes du dandinement sont aussi des causes de shimmy; mais à ces causes premières, viennent s'en ajouter d'autres comme nous allons le voir :

Autrefois, les vitesses élevées étaient exclusives aux voitures de courses, et si l'on avait bien constaté chez elles l'existence du shimmy, cela n'avait pas grande importance, car les voitures de tourisme, allant beaucoup moins vite, ne pouvaient souffrir du même mal; cependant, à l'apparition des pneus à basse pression et des freins sur roues avant, la gamme des vitesses critiques se trouvait beaucoup abaissée, et devenait inférieure aux vitesses maximum des voitures ordinaires.

L'installation des freins avant et l'emploi des pneus très souples abaissent nécessairement les vitesses critiques car les freins alourdissent l'essieu à ses extrémités. Les mouvements oscillatoires que celui-ci peut prendre deviennent moins rapides, et aux vitesses moyennes le shimmy apparaît.

Les pneus à basse pression étant très flexibles, possèdent une période oscillatoire beaucoup plus longue qu'un pneu à haute tension, et contribuent eux aussi à rendre plus petites les vitesses critiques.

Mais d'autre part, comme le pneu à basse pression boit plus facilement l'obstacle, la roue est moins et plus rarement déviée de sa trajectoire, et les obstacles assez importants pour réagir sur l'essieu sont par conséquent moins nombreux. Mais les causes que nous venons d'exposer ne sont en somme qu'accessoires, parce qu'elles ne font qu'abaisser la valeur des allures critiques de la voiture, quoiqu'on puisse objecter qu'il peut être suffisant de reculer autant que possible les premières vitesses critiques pour que le problème de la disparition du shimmy soit résolu.

Il n'en reste pas moins qu'il est préférable de rechercher les causes initiales du shimmy.

A l'origine du shimmy on reconnaît l'effet gyroscopique dû à la rotation des roues. Cet effet se manifeste par des couples importants qui provoquent les oscillations des roues autour des pivots de fusées. Pour que ces oscillations prennent une valeur dangereuse, il est nécessaire qu'il s'établisse une synchronisation entre les mouvements périodiques des deux roues avant, et cette synchronisation a besoin d'un intermédiaire mécanique, qui est d'ailleurs la barre d'accouplement. Ainsi comme l'a dit Sansaud de Lavaud « le shimmy est absolument inhérent à la liaison rigide des roues avant sur leur essieu, avec un seul degré de liberté, le braquage » de sorte que la suppression du shimmy paraîtrait être dans l'in-

dépendance des roues avant, comme l'a réalisé cet ingénieur. Malheureusement cette solution est onéreuse, car l'immense majorité des voitures est dotée de cette liaison rigide; aussi une autre solution préconisée par M. Waseige en 1926 a été celle du freinage de la barre d'accouplement au moyen d'un amortisseur. Outre le shimmy, cette mesure réduit aussi sensiblement la tendance au dandinement.

Le rôle d'un tel organe est simple : il amortit en effet le mouvement de va-et-vient qui peut être extrêmement rapide de la barre d'accouplement, et ainsi le rôle de la barre, qui ne sera plus qu'un constant de commande et non des forces alternatives capables d'engendrer la synchronisation des mouvements nuisibles est supprimé, à condition que l'action de son freinage soit énergique et instantanée.

L'amortisseur Houdaille répond à ces exigences, et peut être adapté facilement aux voitures existantes.

L. P.

§ 3. — Géographie.

L'étude des lacs pyrénéens par M. l'abbé Ludovic Gaurier.

Si l'on a eu déjà par de nombreux explorateurs des connaissances géographiques et scientifiques sur beaucoup de lacs des Pyrénées, c'est vraiment à M. l'abbé Ludovic Gaurier que l'on doit aujourd'hui la connaissance la plus entière de tout ce qui les concerne au point de vue scientifique d'abord, et en même temps au point de vue de la mise en application pratique des forces naturelles qu'ils peuvent fournir. C'est depuis bientôt une trentaine d'années que M. Gaurier s'est livré à des travaux cartographiques et scientifiques dans les Pyrénées, et c'est surtout sur les lacs qu'il les a portés, ce qui fait qu'il a pu mettre sûrement en relief pour tout leur ensemble leurs caractères naturels et les ressources économiques qui peuvent en être tirées.

Les premières études pyrénéennes de M. Gaurier portèrent surtout sur les principaux glaciers de cette grande ligne montagneuse. Celles qu'il fit, depuis 1900, au Vignemale, attirèrent si bien l'attention qu'en 1904, le Comité Scientifique de l'Hydraulique et des Améliorations Agricoles, au Ministère de l'Agriculture, le chargea de poursuivre, pour le compte de l'Etat, ses observations glaciaires et de les étendre aux grands glaciers pyrénéens. Il fit de beaucoup d'entre eux des études approfondies, qu'il accompagna de levés à grande échelle. Il a publié, en 1921, un ouvrage : *Etudes glaciaires dans les Pyrénées françaises et espagnoles de 1900 à 1909, avec préface de* Ch. Rabot (Paris, 1921, in-8, xvi-363 p., 47 pl. et fig.)[1]. L'ouvrage a été couronné l'année suivante par l'Académie des Sciences qui lui a décerné le prix Gay. Précédemment, en 1910, M. Gaurier avait reçu de la Société de Géographie de Paris, le prix Georges Hachette pour sa publication : *Etude hydrologique des gaves de Pau et d'Oloron*. En 1924, elle lui a décerné aussi un prix pour son ouvrage précité : *Etudes glaciaires*[1].

Les études glaciaires auxquelles s'était consacré d'abord M. Gaurier ne pouvaient manquer de l'amener à celle des lacs de haute montagne qui emmagasinent les excédents d'écoulement des glaciers et constituent de considérables réserves d'eau pouvant fournir des ressources précieuses tant à l'agriculture que comme force industrielle.

En présentant quelques considérations générales sur les études qu'il a entreprises sur les lacs pyrénéens, M. Ludovic Gaurier a toujours bien mis en relief toute la haute importance s'attachant à la mise à profit des forces naturelles qu'ils offrent[2]. Il a rappelé quelques-uns des principaux travaux faits par ses devanciers. Nérée Boubet en 1831, puis Lézat et Lambron en 1856, sondèrent le lac d'Oo. Vers 1890, Emile Belloc fit une nouvelle carte bathymétrique de ce lac et inventa un petit appareil de sondage pratique.

C'est en 1907 que M. Gaurier commença à se livrer à l'étude des lacs pyrénéens. De 1907 à 1909, il s'occupa de ceux de la vallée d'Ossau. Ces premiers travaux limnologiques frappèrent l'attention du Ministère de l'Agriculture qui, prenant les frais à sa charge, confia à M. Gaurier le soin d'étudier tous les lacs du versant français, à raison des grands services que pouvait offrir pour l'agriculture une connaissance précise des bassins lacustres capables de fournir de précieux réservoirs pour assurer une mise en valeur plus complète des cultures dans ces régions.

Depuis 1919, le Ministère des Travaux Publics ajouta aussi tout son concours pour assurer en même temps tout une étendue nouvelle des études entreprises par M. Gaurier. C'est le Service des Forces Hydrauliques du Ministère qui avait déjà fait prendre des mesures dans ce sens. Il s'agissait d'établir une documentation précise sur toutes les forces que peuvent fournir les lacs étagés des Pyrénées pour assurer le fonctionnement d'usines de toutes sortes, et il s'agissait surtout des usines hydro-électriques.

Pour aboutir aux résultats demandés par les Ministères qui avaient pris l'œuvre à leur charge, il fallait dresser une carte complète des lacs qui existent dans toute la zone des Pyrénées françaises, et en étudier la profondeur et les caractères. Ce serait un travail considérable pour arriver à son entier achèvement. Comme le signale M. Gaurier, il y aurait,

1. La majeure partie de ces études a été publiée dans le *Bulletin Pyrénéen*.

1. *La Géographie*, septembre-octobre 1924, p. 399.

2. Voir notamment : Ludovic Gaurier, *Les Lacs des Pyrénées. Etat d'avancement des Etudes limnologiques à la fin de 1925* (*Bulletin Pyrénéen*, avril-mai-juin 1926, p. 97-98).— Du même, *Les Etudes limnologiques dans les Pyrénées françaises* (*La Géographie*, janvier-février 1929, p. 68-70). — Voir aussi parmi les travaux récents de M. L. Gaurier : *La Source du gave de Gaube* (*Bulletin Pyrénéen*, avril-mai-jui 1928, p. 438-443).

sur le seul versant français, cinq cent vingt lacs, grands et petits. Et encore, le dit-il, lui-même, cet inventaire peut être incomplet, « car on en découvre sur le terrain bien plus que sur la carte de l'Etat-Major. »

Sur ce nombre, M. Gaurier, en 1926, en avait déjà cartographié 171, et sa campagne de cette même année avait porté son total à 200 lacs. Tout ce travail n'a pu être accompli que dans des conditions exigeant des efforts et des fatigues considérables, et le hardi montagnard s'est trouvé souvent exposé à de graves dangers.

Cete année même, vient de paraître un premier atlas contenant les cartes bathymétriques de 210 lacs. Toutes ces cartes sont levées à grande échelle, au 1/1.000e ou 1/2.000e, ce qui a permis d'y inscrire les côtes des sondages qui ont été exécutés avec précision. Toutes les cartes ont été dressées sur le terrain même. Chaque carte est accompagnée d'une notice sur le régime d'écoulement du bassin, sur sa faune et sa flore, sur les voies d'accès au lac et sur les possibilités de captage, et d'autres indications encore. Dans chaque bassin, la nature du sol est étudiée, spécialement autour des déversoirs et des barrages naturels. Il n'a encore été tiré de cet Atlas qu'un petit nombre d'exemplaires, mais nous tenons à citer, parmi les endroits qui en possèdent, l'Académie des Sciences et la Société de Géographie.

Ce considérable travail, très érudit, en même temps que très dur et très fatigant, a reçu une haute récompense très méritée, le 6 janvier 1929, à la Sorbonne. Le général Nollet, ancien ministre de la Guerre, a remis solennellement à M. l'abbé Ludovic Gaurier, la grande médaille d'honneur de la Société de Topographie de France, qui avait été précédemment attribuée à de grands voyageurs, comme de Brazza et Jean Charcot.

Deux honneurs nouveaux viennent d'être récemment rendues aux mérites du grand explorateur pyrénéen. En mai, il a reçu de la Société de Géographie la médaille d'hydrogéologie (fondation E. A. Martel) pour ses études glaciaires et son Atlas des lacs pyrénéens, puis peu de jours après un prix de l'Académie des Sciences pour cet atlas.

Gustave Regelsperger.

§ 2. — Agriculture.

L'élevage colonial.

L'élevage du bétail donne-t-il dans nos colonies tout ce qu'il pourrait donner et, dans la négative, comment devrait-on organiser les domaines consacrés à l'élevage dans nos possessions coloniales?

Telle est la question, posée à propos du Maroc par M. le vétérinaire Velu, et que généralise M. Maurice Piettre, membre de l'Académie d'Agriculture, qui a effectué de nombreux séjours en Amérique du Sud[1].

Laissant de côté notre Afrique septentrionale nous exposerons seulement les vues de M. Piettre relatives aux colonies tropicales après avoir résumé les constatations faites par l'auteur en Argentine, en Uruguay et au Brésil.

Tout d'abord un fait s'impose à notre attention : c'est, en Amérique du Sud, l'étendue considérable des concessions destinées à l'élevage en face de l'exiguité des concessions du même genre dans les colonies françaises. Il n'est pas possible de jeter les bases d'une entreprise rationnelle et lucrative sur un domaine trop petit, il faut admettre cet axiome et admettre aussi que les particuliers ne disposent pas, en général, des capitaux considérables nécessaires pour mener à bien un grand élevage; par conséquent, l'étendue de terrain que l'Administration hésiterait à concéder à un seul propriétaire pourra, sans objection de principe, être cédée, dans des conditions à déterminer, à un groupement de personnes. D'ailleurs M. Piettre fait toucher du doigt l'erreur dans laquelle tombe notre administration coloniale lorsqu'elle a à étudier les répartitions, les lotissements des terres de colonisation. En effet, le point de départ, lorsqu'il s'agit d'élevage, ne doit pas être la surface du terrain, mais bien le nombre de têtes de bétail. Nous nous expliquons : ce qu'il faut connaître, c'est étant donné un troupeau, le nombre d'hectares à lui donner pour que ce troupeau puisse vivre, croître, rapporter, il faut substituer à l'unité « hectare » l'unité « tête de bétail » et, étant donné un minimum de base, soit 10.000 têtes de moutons (chiffre adopté en Argentine) il faut calculer la surface à concéder; c'est ainsi, que sur les bonnes terres de la province de Buenos-Ayres on compte deux et même trois têtes de moutons à l'hectare; en Patagonie, une tête seulement pour trois hectares. On voit donc d'après ces deux exemples, qu'un même troupeau de 10.000 têtes nécessitera de 3.000 à 30.000 hectares de terrains, suivant la région où il sera placé et que si l'on adoptait pour les concessions une limite maxima de surface, la même partout, l'éleveur devrait adapter l'importance de son troupeau à l'étendue du terrain. si bien qu'en tenant compte de la solution d'une opération d'arithmétique pure il risquerait, très probablement, d'aller logiquement à sa ruine.

Si, avec M. Piettre, nous insistons sur cette question d'étendue des concessions, c'est qu'elle est un des facteurs de réussite des entreprises d'élevage. Dans les pays neufs et pauvres l'élevage doit être grand ou ne pas être.

On ne songe pas assez aux frais énormes qui grèvent, au moins à ses débuts, un grand élevage.

Les clôtures en fils de fer barbelés reviennent à 4.000 francs le kilomètre en Amérique du Sud, or il est facile d'évaluer combien de centaines de kilomètres de clôtures il convient d'établir pour entourer et surtout diviser un domaine de vingt mille hectares par exemple. Non seulement la clôture permet d'orienter l'amélioration du troupeau dans un sens déterminé, mais encore de grouper les animaux par catégories, soit en vue de l'engraissement, soit en vue de la reproduction; la prévision raisonnable

1. C. R. de l'Assoc. Colonies-Sciences, mai 1929.

fait alors place au hasard dans les croisements. Les subdivisions internes rendent le troupeau plus maniable, enfin, avantage précieux, il est possible de soumettre les différentes parcelles du domaine au repos indispensable à leur maintien en bon état de végétation. Faire de l'élevage n'est pas lâcher des animaux dans un champ clos.

L'entretien des pâturages conduit d'ailleurs à une transformation importante de ceux-ci; la possibilité de créer des prairies artificielles de légumineuses, des luzernières, acheminement souhaitable vers la phase de culture des céréales permettant d'associer, dans une même exploitation, la production du blé à celle de la viande et, par suite, de supporter beaucoup plus avantageusement les variations des cours mondiaux du bétail et des céréales.

En même temps que les « estancias » doivent être clôturées, elles doivent être alimentées en eau. « Les animaux qui peuvent boire à volonté résistent presque sûrement à une alimentation déficiente. » En l'absence de rivières ou de sources il faut forer des puits ou capter les eaux pluviales dans des citernes et aménager des abreuvoirs. A titre d'indication on compte cinquante litres d'eau par jour et par tête de gros bétail : on voit donc que pour un troupeau important (moutons ou bœufs) la solution du problème de l'eau ne doit pas être envisagée à la légère.

En résumé, grande étendue des concessions, établissement de clôtures, souci de l'alimentation en eau, telles sont les données fondamentales qui conditionnent tout élevage colonial digne de ce nom.

Pouvons-nous prétendre appliquer ces principes à nos colonies? M. Maurice Piettre ne fait allusion dans son étude qu'à nos possessions africaines. Si notre Indochine peut convenir pour l'entretien d'un bétail important, la population indigène s'intéresse seule pour l'instant à l'élevage et notre possession fournit de bétail sur pied non seulement les grands centres de la colonie, mais encore Hong-Kong, les Straits Settlements et surtout les Philippines. D'ailleurs une différence fondamentale sépare notre colonie d'Extrême-Orient des pays soudanais : c'est le régime pluviométrique. Sauf au Cambodge, il ne tombe jamais moins de deux mètres de pluie en Indochine; toutes les cultures y sont possibles et, dès l'instant où la consommation locale de viande est satisfaisante, les efforts agricoles se portent vers les productions végétales. Il n'en est pas de même du Soudan. Ce pays se prêterait fort bien à l'élevage en grand du mouton et de la chèvre. Dans la région de Tombouctou, la compagnie des cultures cotonières du Niger à Diré, et la bergerie du Gouvernement général, à El Oualadji, constituent deux noyaux importants d'élevage de moutons riches en sang mérinos (mérinos du Cap) et de bovidés croisés charolais. Ces essais, bien conduits n'ont pas connu les insuccès auxquels ont abouti les tentatives de la Chambre de Commerce de Roubaix-Tourcoing à Richard-Toll (Sénégal) et à Tourcoing-Bam (Haute-Volta) faute de bonne organisation technique. Dans le Sud du Soudan, les bergeries de Nioro et de Nara sont déjà une preuve tangible de la possibilité d'élever le mouton et la chèvre angora. « La création de centres industriellement organisés permettrait de pénétrer progressivement dans la Mauritanie et de constituer un troupeau de plusieurs millions de moutons à laine apportant la richesse dans ces étendues formidables non encore exploitées et fournissant à la métropole pour ses tissages du Nord et de l'Alsace une très abondante matière première qu'elle achète à prix d'or en Sud Amérique et Australie. »

A Madagascar, près de Diégo, un domaine de 5.000 hectares est actuellement clôturé et divisé en parcelles de 250 hectares pour l'élevage du zébu (croisement zébu-charollais); près de Tuléar une tentative analogue est en cours de réalisation, enfin le Service Vétérinaire de la Grande Ile a en vue l'organisation de plusieurs propriétés de 5.000 à 10.000 hectares destinées à l'élevage exclusif des bovidés : on mettrait à l'épreuve dans ces centres modèles les mesures prophylactiques utilisées au Cap dans la lutte nécessaire contre les tiques et l'on doit souhaiter que ces grands domaines se créent nombreux à Madagascar.

Pour terminer nous ne pouvons mieux faire que de reproduire les lignes du rapport de M. Piettre : « c'est l'élevage qui a rendu possible la culture des céréales dans les sables de la Pampa, qui maintient à un rendement suffisant les terres à blé de Santa-Fé, Cordoba et Buenos-Ayres, et qui est appelé à préserver de l'épuisement les plantations de café du Brésil, suivant l'orientation scientifique que nous avons fait accepter pendant notre mission à Rio de Janeiro aux grands Fazendeiros de São-Paulo... Nos recherches sur les terres à café du Brésil ont montré que l'acide phosphorique, la chaux, la potasse, la magnésie disparaissent en même temps que l'humus, et que, là où il n'y a plus d'humus, il reste bien peu de substances minérales utiles. Le dosage des matières humiques suffit presque seul à apprécier l'état d'un sol »[1].

En définitive, c'est l'avenir agricole tout entier qui est lié, surtout dans les régions sèches, à l'élevage.

Marcel RIGOTARD.
Ancien chef du Service de l'Agriculture et des Forêts de la Réunion.

1. Voir notre étude sur les terres d'Indochine. *Rev. gén. des Sc.*, n° 2, 1929.

DÉVIATIONS DE LA VERTICALE DANS LES ALPES FRANÇAISES ET EN CORSE

La Revue générale des Sciences *a déjà publié (t. XXXVIII, n° 21, 15 nov. 1927) un résumé de l'opération de la Jonction directe de la Corse au Continent français, effectuée en 1925 par* P. Helbronner. *Au cours de cette campagne et de celle qui la suivit en 1926, l'auteur a continué ses études sur les déviations de la verticale qu'il avait entreprises en 1923 dans les Alpes et dont il avait confié la documentation astronomique à* G. Fayet, *directeur de l'Observatoire de Nice.*

Au moment où s'achève l'impression du tome IX de la Description géométrique détaillée des Alpes Françaises, *— le troisième en date à paraître, — comprenant, sur 1500 pages grand in-4°, le détail des opérations de la Jonction directe de la Corse au Continent français, de la Chaîne Méridienne de Corse et de la Mesure de l'arc de méridien de plus de 37 degrés — dit des Alpes françaises — qui s'étend entre le nord de la Norvège et le Sahara,* P. Helbronner *a accepté de donner aux lecteurs de la* Revue générale des Sciences *la primeur des quelques pages plus spécialement consacrées à ses recherches sur les déviations de la verticale dans les Alpes françaises et en Corse.*

Lorsqu'en novembre 1923, je terminais les opérations de la Chaîne Méridienne des Alpes françaises en stationnant à l'Observatoire du Mont Gros, j'eus la bonne fortune de me mettre, à cette occasion, en rapport avec G.Fayet, le très distingué astronome, Directeur de cet établissement, auprès de qui j'avais demandé à mon illustre ami P. Appell recteur de l'Université de Paris, dont l'Observatoire dépend, une lettre d'introduction; et je recevais bientôt, d'une part de Paris d'autre part de l'Observatoire de Nice, toute satisfaction à ce désir.

Au cours des derniers mois de l'achèvement de ma Méridienne de Dauphiné-Provence, j'avais en effet eu constamment l'esprit attiré vers la possibilité de l'utiliser à de nouvelles fins, distinctes de la description proprement dite du terrain, c'est-à-dire à une contribution à la documentation de la forme du sphéroïde terrestre dans la modeste part où ma Chaîne de précision ne comprenant que 400 km, soit 3 degrés et demi entre ses Parallèles extrêmes, pouvait y concourir. Et avant même d'établir la liste des stations, spéciales aux observations astronomiques, entre lesquelles j'hésitais je tenais à incorporer dans cette Chaîne fondamentale, celle qui se trouvait immédiatement à portée de ma main, déjà toute déterminée avec le maximum de précision, par les nombreuses observations, qui, à plusieurs reprises, s'y étaient appliquées depuis la fondation de ce nouveau foyer d'études. Il était donc tout indiqué que je tins à raccorder plus ou moins directement à mon réseau fondamental, des valeurs obtenues de la façon la plus sûre permise par l'état de la science et qui quoique s'appliquant au pilier d'un des cercles méridiens de l'Observatoire, pouvaient être facilement transportées par des mesures simples d'angles et par de courtes distances à l'axe même de la coupole de la grande lunette équatoriale de 18 m. de longueur, un des plus beaux instruments mis à la disposition des astronomes et que des perfectionnements supplémentaires évidemment encore importants, mais relativement secondaires par rapport à l'installation déjà accomplie, achèveraient de placer au premier rang des outils de travail de l'astronomie mondiale.

C'est au cours de cette première rencontre avec G.Fayet que l'idée se précisa dans mon esprit, entendant l'écho de la sympathie que mes projets éveillaient dans le sien, de lui demander si sa collaboration à des déterminations de latitudes et de longitudes cadrerait avec les prévisions ultérieures de ses occupations scientifiques et de ses devoirs administratifs de chef d'un grand organisme scientifique.

L'accueil qu'il fit à ma proposition fut tel que, dès l'achèvement de l'occupation de la station géodésique du Mont Gros en fin novembre, j'étais en possession de son acquiescement de principe et que je pouvais rentrer à Paris projetant déjà le détail de tout le travail astronomique devant s'appliquer à la campagne de 1924.

Je dois, avant d'entrer dans l'exposé des directives que j'allais être conduit à fixer, donner les motifs de cette nouvelle utilisation de mes opérations et de cette discipline supplémentaire se greffant sur mes précédentes préoccupations scientifiques. J'avais naturellement, comme tout géodésien, été frappé de la simplicité théorique des méthodes qui permettaient — lorsqu'on était en possession de mesures précises de triangulations primordiales — d'en conclure la trace de la section formant ligne géodésique virtuelle sur la surface de la Terre et, en particulier, de la courbe figurant à peu près un méridien théorique. Les observations astronomiques de latitude et de longitude venant, à l'appui des longueurs ainsi mesurées, fixer à leurs extrémités, des repères indépendants du Globe terrestre et uniquement empruntés au monde stellaire ou à des fractions de période de la révolution de notre planète sur elle-même, avaient semblé permettre *a priori* aux savants des siècles précédents la mise

en équation d'un problème simple que, par surcroît, des vérifications dues à des théories parallèles, comme surtout celle du pendule, conduisaient à faire espérer absolues, en tout cas fonctions uniquement de la précision de plus en plus grande des instruments et des méthodes employés. Certes, l'histoire de la science géodésique montrait que ces théories s'étaient sans cesse heurtées à une innombrable série de perturbations non seulement pratiques mais de principes, qui avaient amené successivement une complexité presque inextricable dans la poursuite de la rigueur définitive d'un problème qui paraissait si simple à l'origine. Les souvenirs se pressent en foule à l'esprit de toutes les investigations corrélatives des doctrines dont la science géodésique avait dû se nourrir ainsi que de l'infinie multiplicité de disciplines secondaires ayant pour but de pallier les contradictions, les imperfections, les obscurités mystérieuses qui creusaient leurs chausses-trapes, leurs ornières et leurs lacunes sur la route patiemment et péniblement suivie depuis trois siècles par la foule des astronomes, des géographes, des mathématiciens et des géomètres de tous les pays, attelés à tirer le char de cette science, route la moins unie et la moins roulable, mais pleine de passionnantes recherches et d'applications les plus élevées des découvertes géniales de l'esprit humain.

Et sans prétendre perfectionner d'aucune façon les résultats théoriques déjà acquis par les nombreuses mesures d'arcs, concernant la forme de la Terre, c'est-à-dire la valeur théorique moyenne de son rayon aux Pôles et à l'Equateur, ainsi que la valeur de l'aplatissement correspondant à la figure schématique en laquelle il est commode de résumer ses principaux éléments géométriques, surtout pour le rôle extérieur qu'elle joue dans la Société des Astres, je ne songeais qu'à apporter une modeste contribution à la collection des données déjà considérables recueillies en conséquences de chacune des mesures effectuées sur la surface du Globe dans les divers pays.

L'amplitude de 3 degrés et demi — soit de 4 grades — dont j'allais disposer à ce moment, justifiait évidemment déjà les quelques observations astronomiques directes que j'étais résolu à confier ainsi à mon collaborateur, quoique je ne tardais pas à me rendre compte de l'aléa tout à fait grave dont j'augmentais ma recherche comme à plaisir, par le fait de la nature du terrain orographique des plus accidentés sur lequel devaient se poursuivre les déterminations de G.Fayet, aléa qui détruisait tout espoir d'aboutir à une valeur théorique pouvant convenir à la généralité des sections méridiennes de même latitude du sphéroïde terrestre. J'allais, en effet, au devant des plus fortes déviations verticales théoriques qu'il pût être possible de rencontrer sur le territoire métropolitain et dont la valeur devait dépasser beaucoup l'échelle des variations de la courbure de l'ellipse méridienne, dues à sa seule conformation géométrique schématique indépendamment des questions d'ordre physique et mécanique résultant des attractions des masses visibles ou internes.

Ce fut donc bientôt en envisageant surtout les questions locales de déviations de la verticale, beaucoup plus que la recherche d'une ligne théorique de la section méridienne, qui m'apparaissait de plus en plus difficile à obtenir avec rigueur en provenance des mesures d'arcs, réduites surtout à l'amplitude de quelques degrés, que je poursuivais, sans d'ailleurs jamais songer à en abandonner le principe, le projet dont j'étais résolu à confier l'exécution à G.Fayet. Et à cet effet, je pouvais, dès le printemps de 1924, arrêter mon programme à la détermination de cinq positions astronomiques théoriquement écartées en latitude d'environ 100 km. : la première, au Nord, ayant pour objet le bord méridional du Léman, à l'emplacement même de la station de Ripaille occupée au cours des opérations de la Méridienne de Savoie, la seconde dans la haute vallée de l'Isère, la troisième dans la vallée du Guil, la quatrième utilisant les données de l'Observatoire de Nice, enfin la cinquième à l'extrémité sud de l'enchaînement primordial des Alpes françaises, au Sémaphore de Porquerolles. Mais, d'autre part, avisé de l'intérêt spécial qu'on attachait au Service Hydrographique de la Marine à la fixation des composantes de la déviation de la verticale au Moulin Paillas, point culminant de la presqu'île de Camarat, qui se trouvait précisément faire partie des positions de ma Chaîne Méridienne des Alpes, je jalonnais par ce point l'intervalle compris entre les deux Parallèles de l'Observatoire de Mont Gros et de Porquerolles. De plus, innovant le principe de groupes de stationnements jumelés, desquels par la suite il me paraît devoir être retiré d'utiles enseignements par la comparaison des valeurs astronomiques très voisines, j'ai doublé à Séez et à Aiguilles les points à relever, fixant dans les deux cas les déterminations à deux positions écartées seulement d'un petit nombre de kilomètres.

C'était donc huit valeurs dont je pouvais disposer pour l'ensemble des massifs des Alpes françaises. Pour chacune d'elles, j'avais demandé un nombre important de séances, quatre en général, de façon à atteindre le maximum de précision possible, c'est-à-dire quelques dixièmes de seconde sexagésimale dans l'une et l'autre des deux coordonnées. L'expérience retirée de cette étude pour laquelle G.Fayet a réussi à obtenir, je crois, le

maximum d'approximation, comme on en jugera plus loin, m'a enseigné que si j'avais à présider à de nouvelles opérations astronomiques, je devrais prévoir non pas un petit nombre de stations si poussées en précision, mais bien plutôt une multiplication des lieux de détermination, en n'appliquant à chacun d'eux qu'un nombre très limité de séances pouvant même se réduire à une seule. On verra, en effet, par l'examen des tableaux d'observation de G.Fayet, que la valeur de la latitude ou de la longitude obtenue, dès le premier soir, sur les étoiles observées et sur les signaux de la T. S. F. n'est presque pas changée par l'adjonction des séries recueillies au cours des séances ultérieures. Or, pour gagner une troisième, et à plus forte raison une quatrième séance, il a fallu souvent, dans les Alpes, attendre trois et cinq semaines supplémentaires, temps pendant lequel il eût été possible d'effectuer les déplacemets et les observations de plusieurs nouvelles occupations.

Pour pouvoir terminer complètement le programme des déterminations astronomiques que je désirais posséder dans les Alpes, les conditions atmosphériques auraient dû, en 1924, se présenter bien plus favorables qu'elles ne se rencontrèrent. Il fallut donc envisager, à la suite de la campagne 1924, le report des dernières occupations au printemps de 1925 afin de réaliser les occupations des stations de Moulin Paillas et du sémaphore de Porquerolles. A ce moment, il y avait déjà plusieurs mois que le projet de jonction géodésique directe de la Corse à la Méridienne des Alpes faisait l'objet principal de mes préoccupations et, tout naturellement, l'idée était née aussitôt de demander pour la troisième fois à mon ami G. Fayet sa précieuse collaboration pour l'exécution du programme astronomique que j'y annexais et sur le détail duquel je ne reviendrai d'ailleurs pas ici.

Résumant toutefois rapidement ce programme, il me suffira de rappeler que je désirais recueillir tout autour et au centre de l'île un certain nombre de valeurs astronomiques permettant à la fois leur participation à l'ensemble de la mesure d'arc de méridien que j'étais amené à prolonger sur un intervalle supplémentaire d'un grade et demi, le portant à une amplitude totale de cinq grades et demi entre les Parallèles extrêmes et permettant, d'autre part une contribution à l'étude locale de déviations de la verticale que la constitution très ramassée et relativement très élevée des massifs orographiques de la Corse me faisait supposer devoir être fertile en documents aussi débarrassés que possible d'attractions extérieures par la situation isolée de ce territoire surgissant au milieu des fosses maritimes profondes qui le bordent sur toute sa périphérie, sauf à son extrémité Sud où il se prolonge par la Sardaigne. C'est en exécution de ce programme général que je choisissais en dernier ressort les cinq stations littorales de Bastia, Alistro, Pertusato, Ajaccio et d'Ile-Rousse et la station centrale de Calacuccia dans le massif du Niolo, le plus élevé de toute la chaîne centrale.

La campagne 1925 qui avait permis à G.Fayet la réalisation des cinq stations de Pertusato,d'Ajaccio, de Calacuccia, de Bastia et d'Ile-Rousse était trop avancée pour qu'il fût encore possible d'y comprendre celle d'Alistro. Cette occupation fut donc remise à l'année suivante et terminée relativement facilement en quelques très belles journées.

G.Fayet a bien voulu rédiger les pages relatives à l'historique de ses opérations, et aux résultats qui en ont découlé. Je me suis fait un devoir et un plaisir de publier *in extenso*, tout le texte et toutes les planches qu'il a mis à ma disposition, lui exprimant mes remercîments les plus chaleureux pour sa fidèle et dévouée collaboration. Sa réputation d'observateur déjà très grande n'aura pas, que je sache, pu en être diminuée et tous les astronomes — qui l'apprécient à sa haute valeur — c'est-à-dire en particulier tous les membres de la Section d'Astronomie de l'Académie des Sciences n'ont pu que se féliciter, dans l'intérêt de la science française, de l'avoir vu se charger, aussitôt après la dernière mission qu'il accomplissait en Corse, c'est-à-dire à la fin de l'été 1926, de la direction des travaux prévus à l'Observatoire de Zi-Ka-Weï près Shang-Haï dans l'opération mondiale de détermination des longitudes organisée et dirigée par le général Ferrié.

Je possédais ainsi, en 1927, 14 positions astronomiques de longitude et de latitude réparties entre le Léman et les Bouches de Bonifacio.

Quoique mon idée fût toujours de les utiliser à l'étude d'une ligne que les trop courts segments influencés par de trop fortes déviations de la verticale ne pouvaient constituer qu'en une succession de courbes privées à leurs extrémités de tangentes communes et dépourvues d'une variation progressive des rayons de courbure malgré une amplitude atteignant déjà cinq grades et demi, je me proposais surtout d'en appliquer les résultats à la détermination des déviations locales de la verticale.

Ce ne fut que postérieurement que mon idée a rebondi à nouveau vers l'utilisation de cette documentation pour une étude d'une grande section méridienne par l'introduction de l'enchaînement primordial des Alpes et de la Corse dans la mesure d'un arc d'une amplitude sept fois plus considérable en suite de considérations quelque peu nouvelles.

Sans reprendre ici la théorie des études si intéressantes pour la connaissance de la constitution du globe des attractions des masses visibles ou invisibles qui constituent l'écorce terrestre, je rappellerai que les investigations de cette nature n'ont été presque toujours que sporadiquement développées, sans qu'une complète et méthodique documentation ait été prévue. Il serait à désirer qu'au jour le plus prochain, les divers Etats suivant l'initiative prise déjà aux Etats-Unis et en Suisse, mettent au programme de leurs recherches la poursuite détaillée et régulière des connaissances relatives à l'action d'une part, des formes extérieures du sol et d'autre part, de la densité des couches géologiques.

Tant que les déterminations espacées des attractions locales, comme c'est ici le cas, ne feront l'objet que d'enregistrements très éloignés les uns des autres, il ne faudra pas espérer en tirer de grandes conclusions d'ordre général. Il en serait tout autrement si, d'une part, des méthodes et des instruments nouveaux permettaient des observations astronomiques plus rapides et s'il entrait, d'autre part, dans les disciplines usuelles des Services d'État de procéder à une investigation continue de tout leur territoire par une prospection régulière multipliant les documents à très courte distance les uns des autres. À ce sujet l'expérience des quatorze stations astronomiques, qui ont servi au présent travail, me convainct qu'il eut été infiniment préférable de quadrupler les endroits des stationnements au lieu d'attacher à effectuer en chacun d'eux quatre séances d'observations.

Quoiqu'il en soit, les résultats acquis ici des coordonnées astronomiques devaient être tout d'abord utilisés à une comparaison avec les coordonnées géographiques d'où découle ce qu'on appelle la déviation de la verticale.

Dès la réception des résultats que j'avais demandé à G. Fayet, de m'établir, j'ai donc effectué les calculs faciles et rapides qui aboutissent à la connaissance de ces déviations:

Une grande part d'hypothèse est, bien entendu, à la base de cette connaissance, en particulier dans le choix de l'origine où l'on suppose que la verticale donnée par les observations astronomiques coïncide avec celle qui préside à l'enchaînement géodésique. Non seulement, le lieu même où l'on admet cette coïncidence des deux verticales géodésique et astronomique est aléatoire, mais encore le développement des divergences qui, à partir de ce point, vont se manifester et s'étendre sur tous les arcs de grand cercle du sphéroïde en fonction du choix initial de l'ellipsoïde adopté. Et précisément, les éléments de ce sphéroïde qui sont basés sur des valeurs de latitudes et de longitudes astronomiques, devant en retour servir à calculer ces déviations, il semble qu'un cercle vicieux vienne empêcher toute possibilité de démêler la vérité. Si la discrimination complète est en effet impossible entre, d'une part, les forces locales qui agissent pour dévier la verticale et, d'autre part, la direction idéale de la pesanteur perpendiculaire au plan tangent en tout point de l'ellipsoïde qui serait alors parfaitement déterminé comme surface enveloppée de ces plans tangents, il existe toutefois une différence considérable entre les conséquences qui résultent pour les déviations de la verticale de la connaissance approchée d'un ellipsoïde théorique et les conséquences qui découlent pour la connaissance des éléments d'un ellipsoïde théorique de la valeur exacte de ces déviations débarrassée de la part incombant à la figure de la Terre. Dans le premier cas, en effet, quel que soit l'ellipsoïde théorique auquel on se refère pour compter les écarts entre la normale résultant des coordonnées géographiques des points de sa surface et la normale résultant des observations astronomiques, les variations auxquelles les différents nombres adoptés jusqu'ici ont conduit n'affectent en général les valeurs des écarts, c'est-à-dire des déviations, que tout au plus d'un petit nombre de secondes centésimales. La réciproque n'est pas vraie: une ou deux secondes centésimales de différence sur la part provenant de la déviation locale modifient considérablement la courbure théorique d'ensemble d'une portion de la ligne méridienne surtout si celle-ci ne s'étend que sur quelques degrés. À titre d'exemple tiré des chiffres que j'ai obtenus, on verra que selon que l'on adopte l'ellipsoïde international ou celui des ingénieurs-géographes (dit aussi de la Carte de France) pour établir des coordonnées géographiques auxquelles on viendra juxtaposer pour l'établissement des déviations les coordonnées astronomiques directement observées, il se trouvera que la longueur de la ligne méridienne tracée sur ces deux ellipsoïdes dont les dimensions se placent aux extrêmes des divergences théoriques, ne différera entre le Léman et les îles d'Hyères, soit sur une longueur de 400 km. que d'une soixantaine de mètres, c'est-à-dire de l'ordre de six secondes centésimales de latitude, ce nombre de secondes ne pouvant même pas être atteint, l'écart dans les deux longueurs étant beaucoup plus fonction du développement de la courbure de la ligne théorique méridienne que de l'angle au centre des rayons des extrémités de cette portion de l'ellipse méridienne. Il s'en suivra que si l'on a adopté l'origine commune au Léman, on obtiendra aux îles d'Hyères par l'un

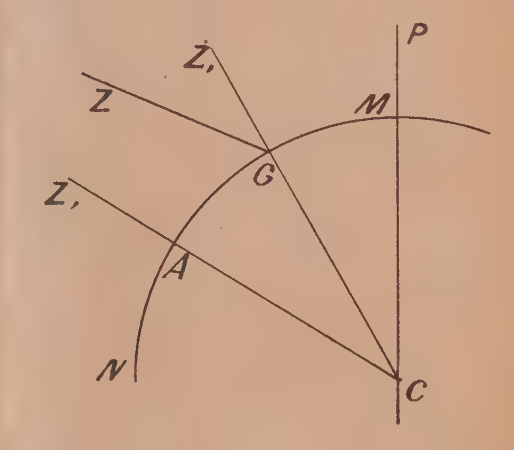
ou par l'autre ellipsoïde de référencé une déviation de la verticale qui différera à peine de quelques secondes. Or les écarts locaux décelés par les observations astronomiques sont, comme on le verra, d'un ordre bien différent, c'est-à-dire, aux îles d'Hyères comme à Nice, près de dix fois plus considérables.

En résumé, si, pour baser les éléments d'un ellipsoïde terrestre théorique, il est impossible de se contenter de seuls courts segments d'arcs méridiens surtout dans une région où les attractions locales sont fonctions de puissants reliefs comme dans les Massifs alpins du Sud-Est, il est loin d'être aussi injustifié de prendre réciproquement un quelconque des ellipsoïdes théoriques pour en déduire les déviations locales dues à l'influence des formes extérieurs ou des densités de masses internes.

En conséquence de ces considérations, il importe peu de choisir tel ellipsoïde théorique plutôt que tel autre pour établir les comparaisons qui chiffrent les déviations locales. J'ai donc adopté naturellement l'ellipsoïde dit des ingénieurs-géographes ou de la Carte de France, sur lequel sont calculées toutes les coordonnées géographiques de ma *Description géométrique détaillée des Alpes françaises.*

Avant d'entrer dans le détail des résultats, il importe de préciser les différents modes de leur établissement et tout d'abord le signe des vecteurs tant dans le sens des latitudes que dans celui des longitudes. Ce qu'on appelle en effet déviation de la verticale se traduit en réalité par la figuration graphique de la composition de deux vecteurs qu'on obtient dans les deux axes Nord-Sud et Est-Ouest par la différence dans l'une et l'autre direction des longueurs métriques correspondant d'une part aux valeurs des latitudes astronomiques et géodésiques et d'autre part aux valeurs des longitudes astronomiques et géodésiques. Le sens de ces vecteurs est facilement mis en évidence par une figure simple qui s'applique aussi bien au cas des longitudes qu'à celui des latitudes.

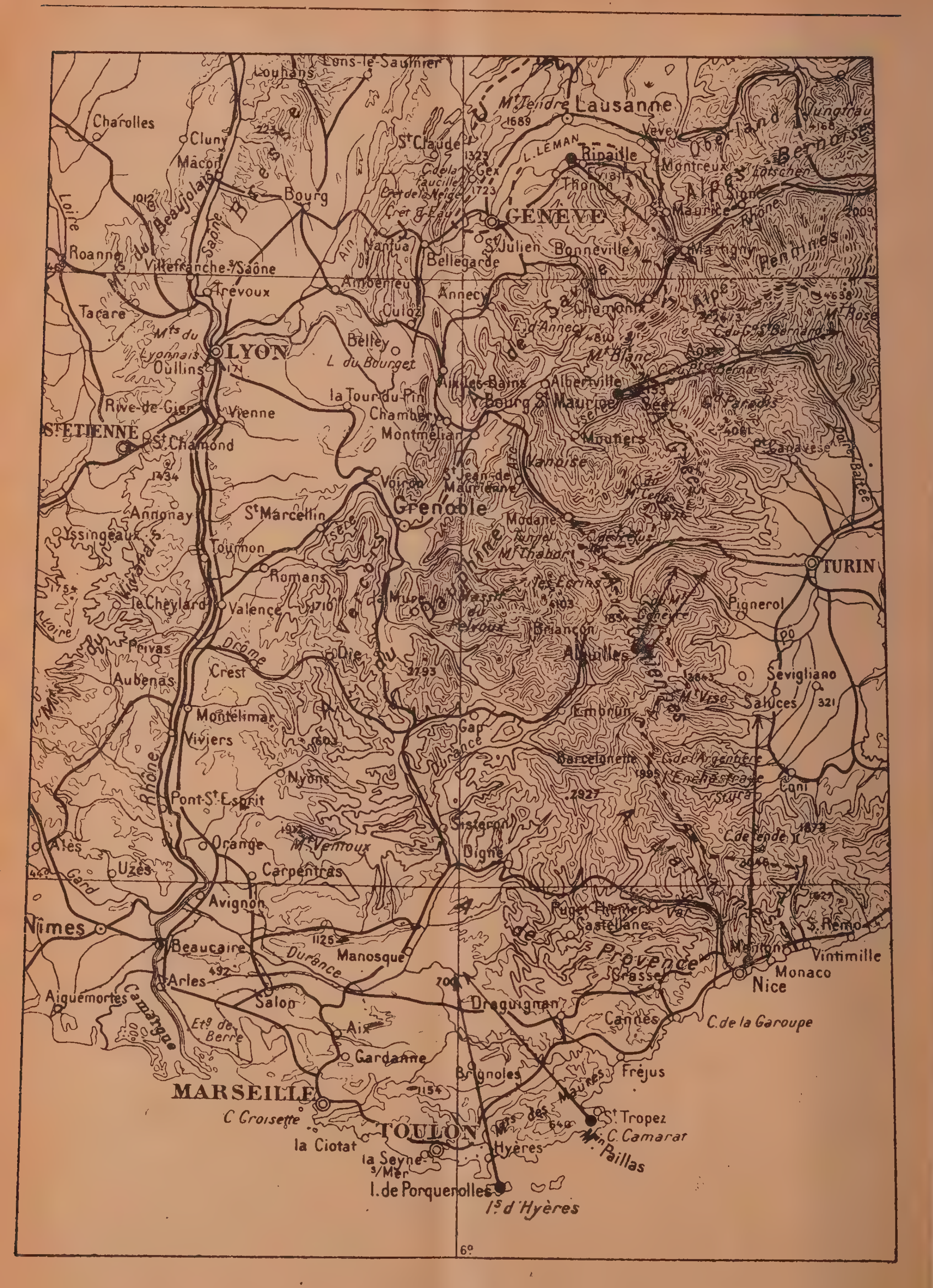
Soit dans le cas des latitudes la portion de la ligne méridienne PMN à partir du pôle. Au point A étudié, la latitude géodésique obtenue par les calculs successifs de la triangulation est théoriquement l'angle complémentaire de l'angle PCG, P étant le pôle et C le centre du sphéroïde. Mais l'observation astronomique directe, au lieu de cet angle PCG a mis en évidence un angle PCA que pour fixer le raisonnement je supposerai plus grand et dont le complément, c'est-à-dire la latitude astronomique du point, est plus petit. Tout se passe donc en G comme si ce point était situé sur la ligne méridienne à une latitude plus faible A. Les normales théoriques en G et en A étant dirigées respectivement suivant CZ'_1 et CZ_1, il se trouve qu'en G la normale au lieu de prendre la direction GZ'_1 prend la direction GZ parallèle à AZ_1. Il suffit de considérer la figure pour constater que cette direction GZ qui est celle de la normale en un point de latitude plus faible est inclinée vers le Nord par rapport à la normale théorique géodésique Z'_1G D'où l'on conclut que si en un point la latitude astronomique est plus faible que la latitude géodésique comme c'est le cas supposé, c'est que la verticale est déviée vers le



Nord. Bien entendu réciproquement si la latitude astronomique est plus forte que la latitude géodésique c'est que la verticale est déviée vers le Sud. Donc si $L_A - L_G > 0$, la déviation se fait vers le Sud et si $L_A - L_G < 0$, la déviation a lieu vers le Nord.

En ce qui concerne la longitude, il suffit de considérer la portion de cercle PMN non plus comme une fraction de ligne méridienne, mais comme une fraction de parallèle, le pôle Nord se trouvant sur la verticale de C au-dessus du plan de la figure. Si la normale géodésique tombe en G à l'Ouest de la normale astronomique venant en A, c'est-à-dire si en tenant compte du signe (négatif à l'Est du Méridien de Paris) la longitude astronomique est plus petite que la longitude géodésique en valeur absolue c'est que la verticale est déviée vers l'Ouest. D'où la règle : si $M_A - M_G > 0$ la déviation se fait vers l'Est et si $M_A - M_G < 0$ la déviation se fait vers l'Ouest.

Mais il importe de plus de remarquer que les mesures des deux composantes Nord-Sud et Est-Ouest de la déviation ne sont pas exprimées dans des systèmes d'unité comparables : celle en effet, correspondant à la latitude est comptée le long d'un grand cercle du sphéroïde où une seconde centésimale d'arc sous-tend d'une manière très



Echelle 1:2.000.000.



Echelle 1 : 1.000.000

approchée 10 m. linéaires comptés le long du Méridien, tandis que celle qui correspond à la longitude sous-tend un arc de Parallèle qui n'est un grand cercle du sphéroïde que pour la seule position de latitude zéro, c'est-à-dire à l'Equateur. En toute autre latitude, la seconde centésimale de longitude sous-tend une longueur linéaire égale seulement au produit de 10 m. par le cosinus de cette latitude.

Pour associer, donc, dans la combinaison figurative de la déviation de la verticale la composante de la longitude à la composante de la latitude, il faut au prélable multiplier la différence des secondes géodésiques et astronomiques de longitude par le cosinus de la latitude, la seconde de parallèle diminuant de 10 m. à 0 en passant de la latitude 0 grade (équateur) à la latitude 100 grades (pôle).

Il suffira de combiner alors les deux longueurs graphiques suivant le parallélogramme des forces pour obtenir par le tracé de la diagonale en direction et en valeur la figuration du sens et de l'importance de la résultante.

En ce qui concerne les latitudes, les observations astronomiques ont donné directement les chiffres entrant dans ces composantes. Mais en ce qui concerne les longitudes, les valeurs obtenues par G. Fayet étaient rapportées au Méridien de Greenwich. Comme je tenais à prendre pour origine le méridien de Paris, j'ai donc dû corriger les heures de Greenwich de l'intervalle horaire les séparant de celles de Paris en me servant de la dernière valeur officiellement adoptée. Dans une note à l'Académie des Sciences du 11 avril 1927. (C. R. *Aca. Sc.*, p. 921). M. Bigourdan avait donné la différence en temps des longitudes égale à 0 heure 9 minutes 20 secondes 95 centièmes. Mais dans un errata paru dans le fascicule suivant des *Comptes rendus* (p. 1204), le chiffre des centièmes de seconde a été corrigé de 4 centièmes et finalement la différence horaire entre Paris et Greenwich reste actuellement établie à 0 heure 9 minutes 20 secondes 91 centièmes.

C'est ce chiffre qui est entré dans mes calculs, en en diminuant toutes les longitudes horaires obtenues par G. Fayet. Une fois la défalcation effectuée, il m'a suffi de multiplier par 46,296 le nombre des secondes de temps ainsi établi pour obtenir en secondes centésimales d'arc la différence de longitude entre Paris et chacun des points étudiés.

Pour devenir linéaire, cette valeur de différence de longitude a dû subir alors la correction relative à la variation de longueur des arcs de parallèle aux diverses latitudes en multipliant le nombre la caractérisant par le cosinus de la latitude correspondante.

Enfin les stations astronomiques occupées par G. Fayet n'ont pu l'être en général au centre même du signal géodésique que j'avais choisi. J'ai donc dû opérer une réduction à ce centre pour appliquer au même point les résultats de l'enchaînement géodésique et de l'observation astronomique directe. Dans cette réduction basée sur les repèrements et orientements relatifs des deux points (axe du signal et centre astronomique) il a fallu encore au préalable tenir compte pour établir la longitude en secondes d'arc de la variation des parallèles suivant la latitude en divisant la longueur linéaire ressortant des épures par le cosinus de la latitude.

Finalement, j'ai eu à effectuer pour chacune des huit stations des Alpes et des six stations de Corse les opérations suivantes :

1° Etablissement à l'échelle (en général du centième) de l'épure de position de la station astronomique par rapport au centre géodésique, épure dans laquelle il était indispensable de tracer l'alignement Nord-Sud le long duquel devait se compter la correction en latitude et perpendiculairement auquel devait se compter la correction en longitude.

2° Augmentation ou défalcation directe de la valeur de latitude astronomique pour la ramener au centre géodésique suivant que celui-ci se trouvait au Nord ou au Sud de la station de G. Fayet.

3° Augmentation ou défalcation de la valeur de la longitude astronomique pour ramener celle-ci au centre géodésique suivant que ce centre se trouvait à l'Est ou à l'Ouest de la station de G. Fayet, cette correction diminuant ou augmentant les chiffres en valeur absolue puisque les longitudes sont comptées négativement quand les positions sont situées à l'Est du Méridien de Paris ce qui est le cas pour toute la région des Alpes et la Corse.

4° Ayant ainsi obtenu les deux latitudes et les deux longitudes géodésiques et astronomiques pour chacun des points, la simple différence des valeurs angulaires en secondes centésimales, multipliée par dix, traduisait en mètres l'écart donnant avec son signe la composante Nord-Sud qu'on est convenu d'affecter à la déviation ; tandis que pour la composante Est-Ouest il était nécessaire de multiplier cette différence angulaire non seulement par dix mais aussi par le cosinus de la latitude.

5° Les deux composantes linéaires ainsi établies, la racine carrée de la somme de leur carré a représenté la longueur de leur résultante, tandis que la diagonale du rectangle figuratif en déterminait graphiquement la direction. Il n'est plus resté alors pour obtenir un aperçu d'ensemble de toutes les

déviations observées dans les Alpes ou en Corse qu'à tracer tous les vecteurs traduisant ces résultats en adoptant des longueurs proportionnelles aux forces attractives sur l'une et l'autre des deux cartes jointes à cet article sans toutefois rechercher une échelle commune de ces longueurs en rapport avec l'échelle de la carte des Alpes au 2.000.000e et avec la carte de la Corse au 1.000.000e

Je passerai successivement en revue les quatorze stations où la déviation de la verticale a été calculée en indiquant les remarques qu'a pu me suggérer chacune des valeurs en considération des circonstances topographiques.

I. — Alpes

1° Ripaille (*Phare*). — La station astronomique est située à 16 m. 50 à l'Est et à 12 m. 80 au Nord du point géodésique. En tenant compte de ces repèrements, les coordonnées astronomiques et les coordonnées géodésiques se présentent de la façon suivante :

Latitude

LA (latitude astronomique)		51.5521,560 (G, ")
LG (latitude géodésique)		51.5500,956
Δ	+	20,604

(soit en mètres : $\xi = 206^m,0$).

Longitude

MA (longitude astronomique)	—	4.6086,136 (G, ")
MG (longitude géodésique)	—	4.6122,104
Δ	+	34,968

(soit en mètres à la latitude 51G 5510 : $\eta = 241^m,2$).

D'où

θ (longueur de la résultante) $= \sqrt{\xi^2 + \eta^2} = 317^m,2$.

En comptant les azimuts à partir du Nord dans le sens trigonométrique, la direction de cette résultante correspond à un azimut de 255 grades.

L'attraction prépondérante finale, seule subsistante, se fait, comme il semble tout à fait normal à l'examen des conditions topographiques, par le massif rapproché de la Dent d'Oche, renforcé à l'arrière par ceux de la Pointe de Grange, des Hauts Forts et de la Dent du Midi. On peut admettre que les attractions des masses plus éloignées c'est-à-dire celles des Alpes Valaisanes et Pennines et celle du Mont Blanc se neutralisent plus ou moins. Quant au Jura et au Jorat, de l'autre côté de la fosse du Léman, leur influence vient en déduction des forces précédentes et disparait dans la compensation générale des attractions.

2° Séez (Oratoire aval de) (Rep. Niv.). — La station astronomique est située à 1 m. 05 à l'Est et à 14 m. au Sud du point géodésique. Après les réductions correspondantes les coordonnées astronomiques et géographiques se présentent de la façon suivante :

Latitude

LA (latitude astronomique)		50.6929,487 (G, ")
LG (latitude géodésique)		50.6942,836
Δ	—	13,349

(soit en mètres : $\xi = 133^m,5$).

Longitude

MA (longitude astronomique)	—	4.9488,885 (G, ")
MG (longitude géodésique)	—	4.9552,840
Δ	+	63,955

(soit en mètres à la latitude 50G6935 : $\eta = 447^m,3$).

D'où

θ (longueur de la résultante) $= \sqrt{\xi^2 + \mu^2} = 466^m,8$.

L'azimut correspondant est (Nord = 0°,00) de 319 grades.

Il semble que les massifs du Mont Blanc au Nord et du Grand Paradis au Sud se soient neutralisés dans leur attraction respective pour laisser l'influence prépondérante aux masses immédiatement voisines de la Chaîne frontière du Ruitor et des crêtes méridionales du Petit-Saint-Bernard, celles-ci annihilant par leur proximité l'action du massif du Roignais situé au Nord de Bourg-Saint-Maurice. Le volume et l'élévation de ces masses font d'ailleurs sentir leur influence dès le moindre déplacement du lieu d'observation vers l'Ouest comme va l'indiquer nettement la station suivante :

3° Bourg-Saint-Maurice (Clocher de l'église de). — La station astronomique est située à 4 m. 85 à l'Ouest et à 29 m. 95 au Sud du point géodésique. Les réductions correspondantes étant effectuées, les coordonnées astronomiques et géodésiques se présentent ainsi :

Latitude

LA		50.6845,588 (G)
LG		50.6855,265
Δ	—	9,677

(soit en mètres : $\xi = 96^m,8$).

Longitude

MA	—	4.9197,597 (G, ")
MA	+	4.9228,310
Δ	+	30,713

(soit en mètres à la latitude de 50G6850 : $\eta = 214^m,8$).

D'où

$\theta = 235^m,6$ (l'azimut correspondant est de 327 grades).

L'action d'attraction se fait sentir dans le même sens qu'à la station précédente sous la prédominance compensée des mêmes masses. Mais il est remarquable de constater — et c'est une des conséquences recherchées dans mon choix des détermi-

nations jumelées astronomiques — que la faible distance, inférieure à 3 km., qui sépare la station de Séez de celle de Bourg-Saint-Maurice a modifié considérablement la puissance d'attraction des masses montagneuses de la frontière par le rapprochement des masses antagonistes du Roignais et des masses situées au Nord de la Vallée de l'Isère. Il a suffi de ce déplacement en direction de l'Ouest pour réduire de moitié l'effet des grands massifs du Ruitor et de la Grande Sassière.

4° AIGUILLES (Oratoire à l'Ouest d'). — La station astronomique est située à 0 m., 70 à l'Est et à 12 m. 40 au Sud du point géodésique. La comparaison des coordonnées astronomiques et géodésiques s'établit ainsi :

LATITUDE

		G ″
LA		49.7537,187
LG		49.7551,416
Δ	—	14,229

(soit en mètres : $\xi = 142^m,3$).

LONGITUDE

		G ″
MA	—	5.0292,275
MG	—	5.0303,275
Δ	+	11,202

(soit en mètres à la latitude de 49G7545 : $\eta = 79^m,5$)

D'où

$\theta = 163^m,0$ (l'azimut correspondant étant 368 grades.

L'action prépondérante d'attraction se fait par la crête principale frontière du Bric Froid, modérée toutefois par les épaisses masses du Sud de la vallée du Guil, en masquant complètement l'influence du massif de Rochebrune déjà plus éloigné et aussi neutralisé par le massif du Viso situé dans une direction à peu près opposée.

5° AIGUILLES (Pont à l'Est d') (Rep. Niv.). — La station astronomique est située à 16 m. 05 à l'Ouest et à 22 m. 20 au nord du point géodésique. La comparaison des coordonnées réduites à ce dernier centre se présente ainsi :

LATITUDE

		G ″
LA		49.7573,711
LG		49.7588,720
Δ	—	15,009

(soit en mètres : $\xi = 150^m,1$).

LONGITUDE

		G ″
MA	—	5.0369,520
MG	—	5.0383,518
Δ	+	13,998

(soit en mètres à la latitude 49G7580 : $\eta = 99^m,1$).

D'où

$\theta = 179^m,9$ (comptés sur l'azimut de 363 grades).

L'analogie des attractions des deux stations d'Aiguilles est des plus intéressantes, étant donné le peu de distance les séparant. Elle apporte une sorte de vérification à la précision des déterminations astronomiques; la faible différence de 5 grades entre les azimuts des deux résultantes d'une part et la très minime différence de la longueur du vecteur résultant, d'autre part, s'expliquent par la similitude d'orientation et de distances des masses entrant dans le jeu des compensations attractives.

Le cas est tout différent pour ces deux stations jumelées d'Aiguilles de celui des deux stations jumelées de Séez et de Bourg-Saint-Maurice d'abord par leur écartement beaucoup plus petit et ensuite par leur indépendance d'une masse puissante prépondérante située dans l'alignement des deux positions, par suite faisant sentir son influence dès le moindre déplacement le long de cet alignement.

6° NICE (OBSERVATOIRE DU MONT GROS) (Axe du petit cercle méridien). — Les valeurs utilisées pour les coordonnées astronomiques résultent des observations faites à plusieurs époques et en dernier lieu par G. Fayet. Les comparaisons s'appuient sur les chiffres suivants :

LATITUDE

		G ″
LA		48.5793,210
LG		48.5853,784
Δ	—	50,574

(soit en mètres : $\xi = 505^m,7$).

LONGITUDE

		G ″
MA	—	5.5147,332
MG	—	5.5150,978
Δ	+	3,646

(soit en mètres à la latitude de 48G5820 : $\eta = 26^m,3$).

D'où

$\theta = 506^m,4$ (sur l'azimut de 398 grades).

Cette déviation très puissante a déjà été signalée à plusieurs reprises. Elle est dûe manifestement à la masse des chaînes très épaisses et très élevées des Alpes Maritimes renforcées d'ailleurs à l'arrière par tout l'énorme relief des Alpes occidentales, tandis que vers le Sud, s'étend immédiatement toute la dépression du bassin méditerranéen. L'inexistence presque absolue de la composante Est-Ouest s'explique facilement par la compensation rigoureuse des massifs du Mont Agel et du Grammondo à l'Est et des massifs du Cheiron et de la Chains à l'Ouest.

7° MOULIN PAILLAS (Axe de la tour). — La

station astronomique a été effectuée à 8 m. à l'Ouest et à 19 m. 10 au Sud du point géodésique.

Les valeurs des coordonnées astronomiques et géodésiques ramenées à ce point sont les suivantes :

Latitude

La		48ᴳ0184″,163
Lg		48.0214.356
Δ	—	30,193

(soit en mètres : $\xi = 301^m,9$).

Longitude

Ma	—	4ᴳ7429″,493
Mg	—	4.7393.570
Δ	—	35,923

(soit en mètres à la latitude de 48ᴳ0200 : $\eta = 261,8$).

D'où

$\theta = 399^m,6$ (sur l'azimut de 45 grades).

L'attraction est uniquement faite par le massif tout proche des Maures en direction presque absolue de son centre de gravité topographique. Il ne semble pas que les massifs des Alpes Maritimes et des Basses Alpes déjà très éloignés dans le Nord-Est exercent la moindre influence vis-à-vis du relief immédiatement voisin.

8° Porquerolles (Axe de la tour du sémaphore). — La station astronomique a été occupée à 0 m. 20 à l'ESt et à 15 m. 75 au Nord de la position géodésique. Les valeurs des coordonnées réduites à ce dernier centre sont les suivantes :

Latitude

La		47ᴳ7735″,154
Lg		47.7779.031
Δ	—	43,877

(soit en mètres : $\eta = 438^m,8$).

Longitude

Ma	—	4ᴳ3241″,826
Mc	—	4.3229,165
Δ	—	12,661

(soit en mètres à la latitude de 47ᴳ7760 : $\eta = 92^m,6$).

D'où

$\theta = 448^m,5$ (sur l'azimut de 13 grades).

L'attraction se produit absolument comme pour la station précédente presque uniquement par le massif des Maures. L'influence des masses les plus élevées voisines, c'est-à-dire du relief central de la Sauvette et de Notre-Dame-des-Anges est en effet à peine modérée par le voisinage, il est vrai déjà beaucoup moins proche de la Chaîne de la Sainte Baume à laquelle s'allieraient les attractions vraisemblables des crêtes septentrionales et occidentales dominant immédiatement Toulon, c'est-à-dire du Coudón, du Faron, du Gros Cerveau et de la presqu'île du Sicié.

II. — Corse [1].

1° Ajaccio (Citadelle). — La station astronomique a été faite à 23 m. 20 au Nord et à 9 m. 60 à l'Ouest du point géodésique. Ramenées à celui-ci, les coordonnées astronomiques et géodésiques sont les suivantes :

Latitude

La		46ᴳ5706″,642
Lg		46.5724.714
Δ	—	18,072

(soit en mètres : $\xi = 180^m,7$).

Longitude

Ma	—	7ᴳ1121″,202
Mg	—	7.1157.078
Δ	+	35,876

(soit en mètres à la latitude de 46ᴳ5715 : $\eta = 267^m,0$).

1. Dans son *Exposé des opérations géodésiques exécutées de 1884 à 1890 sur les côtes de Corse*, Hatt disait (p. 72) : « Mais « ce qui ressort le plus clairement de cette constatation (différences des coordonnées astronomiques et géodésiques), « c'est l'impossibilité où nous nous trouvons d'établir une « valeur satisfaisante de la latitude en Corse. A vrai dire, cette « situation n'est pas unique, elle se produit également sur la « côte sud de France où la déviation atteint près de 20″ aux « environs de Nice ; il n'en est pas moins certain qu'au point « de vue des cartes marines, elle pourrait présenter certains « inconvénients si l'on devait se servir de la latitude pour des « opérations astronomiques. Le plan de l'île Rousse mentionne « la différence observée et il serait à désirer que l'on pût « noter de même les données astronomiques dans la plupart « des localités importantes de l'île. On y pourrait parvenir « assez facilement, aujourd'hui que le Service hydrographique « est doté d'un instrument de détermination astronomique « aussi efficace par sa simplicité de construction et d'usage « que par l'approximation supérieure des résultats qu'il fournit. Un observateur, qui parcourrait la côte de Corse, pourrait, en quelques semaines, obtenir avec l'astrolabe Claude-Driencourt, les coordonnées astronomiques des principaux « ports et cette détermination, qui présenterait un intérêt immédiat au point de vue de la marine, serait sans doute « plus importante encore au point de vue scientifique en permettant de dresser l'état des déviations autour du massif « montagneux de l'île. »

Le capitaine de vaisseau, aujourd'hui amiral Pirot, citant ce passage dans son remarquable opuscule intitulé : *Deux Années d'observations avec l'astrolabe à prisme sur la côte sud de France, en Corse, en Tunisie et en Algérie*, le fait suivre des considérations suivantes : « ...Ces suggestions, formulées en « 1906, n'ont rien perdu de leur valeur et de leur intérêt, au « contraire. Aujourd'hui, après plus de quinze ans d'emploi, « nous connaissons parfaitement la haute précision de l'astrolabe ; nous savons que, combiné avec les signaux horaires scientifiques, il permet de déterminer les deux coordonnées astronomiques d'une station dans une seule séance de « deux heures avec une approximation de l'ordre de 0″,5. « L'inscription sur les cartes marines des coordonnées astronomiques des points principaux semble bien s'imposer à « l'heure actuelle, au moins dans les régions où, comme sur « la côte sud de France et en Corse, la déviation de la verticale présente une valeur notable. De l'avis du Service géographique de l'Armée, elle serait même utile sur les cartes « topographiques, les orientations astronomiques étant de « plus en plus utilisées par l'artillerie. » (Paris, Imp. Nationale, 1924, p. 19.)

D'où

$\theta = 322^m,4$ (sur l'azimut de 338 grades).

L'attraction résultante se fait dans la direction du grand massif central Monte Rotondo-Monte d'Oro, sans que le petit massif immédiatement voisin des Pointes de Lisa et de Pozzo di Borgo situé au nord de la ville fasse sentir spécialement son action. Il est vrai qu'au Sud-Est, de l'autre côté de la baie d'Ajaccio, des masses, à peu près égales quoique plus éloignées, des chaînons dominés par la Pointe de Cozzannaccio doivent évidemment se présenter en attractions compensatrices [1].

2° CALACUCCIA (Point stationné près de l'église de). — Cette position n'a donné lieu à aucune réduction de transport des coordonnées, car j'ai pu occuper le point même où G. Fayet avait placé son astrolabe. Les coordonnées astronomiques et géodésiques de ce point sont :

LATITUDE

LA		$47^G.0387''346$
LG		47.0391,100
Δ	—	3,754

(soit en mètres : $\xi = 37^m,5$).

LONGITUDE

MA	—	$7^G.4203''229$
MG	—	7.4186,953
Δ	—	16,276

(soit en mètres à la latitude de 47^G0390 : $\eta = 120^m,3$).

D'où

$\theta = 126^m,0$ (sur l'azimut de 80 grades).

Cette station que j'avais choisie spécialement en plein massif du Niolo, c'est-à-dire au milieu des masses les plus importantes de l'île se trouve entourée de toutes parts par les plus hautes et les plus épaisses chaînes de toute l'orographie corse. Il est intéressant de constater que c'est précisément la plus importante de toutes, celle qui court au Nord et qui culmine au Cinto qui a nettement imposé sa suprématie attractive. La direction de la résultante vient tomber en effet à peu près au milieu de la distance séparant le Cinto du Paglia Orba. Si la longueur qui la caractérise est relativement faible, il est évident que celà tient à toutes les composantes de sens contraire et de sens perpendiculaire qui agissent en défalcation de l'attraction prépondérante et qui sont noyées dans la complexité des forces en présence (massifs de la Punta Artica et du Rotondo notamment).

3° PERTUSATO (Axe de la tour du sémaphore de). — La station astronomique a été effectuée à 6 m. 40 au Nord et à 14 m. 95 à l'Est de l'axe de la tour, point géodésique fondamental de ma Méridienne de Corse. Les coordonnées astronomiques rapportées à ce point et les coordonnées géodésiques sont les suivantes :

LATITUDE

LA		$45^G.9693''259$
LG		45.9702,521
Δ	—	9.262

(soit en mètres : $\xi = 92^m,6$).

LONGITUDE

MA	—	$7^G.6003''910$
MG	—	7.6024,972
Δ	—	21,062

(soit en mètres à la latitude de 45^G9700 : $\eta = 158^m,1$).

D'où

$\theta = 183^m.2$ (comptés sur l'azimut de 334 grades).

L'attraction apparente résultant des diverses masses voisines se fait nettement sentir dans l'alignement de la petite chaîne de collines qui se dirige vers la presqu'île de Santa Manza sans qu'il y ait influence sensible par les petits massifs de la Trinité et du Mont Corbo.

4° BASTIA (Citadelle). — La position astronomique est située à 13 m. au Sud et à 4 m. 27 à l'Ouest du point géodésique qui est marqué par le paratonnerre du donjon Nord.

Les corrections de déplacement étant effectuées, les latitude et longitude astronomiques offrent avec les coordonnées géodésiques les comparaisons suivantes :

LATITUDE

LA		$47^G.4374''449$
LG		47.4375,650
Δ	—	1,201

(soit en mètres : $\xi = 12,0$).

LONGITUDE

MA	—	$7^G.9119''517$
MG	—	7.9055,055
Δ	—	64,462

(soit en mètres à la latitude de 47^G4375 : $\eta = 473^m,8$).

D'où

$\theta = 474,0$ (comptés sur l'azimut de 98 grades).

L'attraction très forte presque absolument dirigée vers l'Ouest est dûe évidemment à l'importante masse de la Chaîne dorsale du Cap Corse qui s'élève immédiatement au-dessus de la ville

1. La comparaison entre les valeurs des coordonnées astronomiques obtenues par DRIENCOURT et FAYET à Ajaccio n'a pas eude raison d'être, étant donné l'écartement notable des deux emplacements choisis en 1889 et en 1925, les masses immédiatement voisines du massif Lisa-Pozzo di Borgo devant agir très différemment sur l'un et sur l'autre lieux.

à la faible distance de 4 km. 500 avec la forte dénivelée de 900 à 1300 m.

5° ILE-ROUSSE (pilier astronomique). — J'ai désiré que les résultats des hydrographes de la mission de 1889 puissent être comparés avec ceux que j'obtenais. Dans ce but j'ai recherché les traces de leur centre d'opérations et j'ai été assez heureux pour les retrouver en parfait état sous la forme des piliers supports de leurs instruments. La station actuelle a été faite dans l'alignement des deux piliers à 31 m. 80 au Nord de celui du Sud et dans son propre méridien.

Les coordonnées astronomiques et géodésiques ramenées à ce pilier Sud sont :

LATITUDE

		G "
LA		47.3755,153
LG		47.3693,690
Δ	—	61,463

(soit en mètres : ξ = 614m,6).

LONGITUDE

		G "
MA	—	7.3408,095
MG	—	7.3448,564
Δ	+	40,469

(soit en mètres à la latitude de 47G3725 : η = 297m,7).

D'où

θ = 682m,9 (dans l'azimut de 229 grades).

L'attraction finale apparente s'exerce par le massif central du Niolo, l'axe de direction venant tomber sur le Monte Travonato, c'est-à-dire en laissant nettement à l'Ouest la haute crête du Cinto et du Padro. Il est possible d'ailleurs que l'effet de la masse de la grande crête centrale située à une trentaine de kilomètres de distance moyenne soit quelque peu modifié par l'attraction d'une masse beaucoup moins volumineuse, mais toute proche, celle de la Cima d'Occica située à 2 km, et s'élevant à environ 300 m. d'altitude D'ailleurs derrière ce premier système orographique s'élève encore à une douzaine de kilomètres dans le Sud-Est le massif d'Olmi-Cappella dont les crêtes dépassent 1.000 m. d'altitude sur un développement d'une dizaine de kilomètres et sur le milieu desquelles pointe la direction de l'attraction résultante.

Il est intéressant de rappeler que Perrotin et Hatt opérant alternativement à Ile-Rousse et à Nice ont obtenu pour Ile-Rousse une différence horaire de longitude avec Paris de 26 minutes 25 secondes 67 centièmes soit 45 millièmes de seconde de temps de plus que Fayet. D'autre part les valeurs de latitude astronomique et géodésique sont données par Hatt[1] comme

LA = 42°38′16″,3 soit 47G3754‴,013
LG = 42°37′55″,7 soit 47G3690‴,432
dont la différence (LA — LG) = + 63‴,581

ne différant de celle présentée ci-dessus que de 2‴,118.

6° ALISTRO (Tour du sémaphore). — La station astronomique a été effectuée à 12 m. 40 au Nord et à 10 m. 80 à l'Ouest de l'axe de la tour, centre de mon point géodésique. Une fois ramenées à ce centre les coordonnées astronomiques et géodésiques se présentent ainsi :

LATTITUDE

		G "
LA		46.9529,934
LG		46.9552,613
Δ	—	22,679

(soit en mètres : ξ = 226m,8).

LONGITUDE

		G "
MA	—	8.0122,470
MG	—	8.0059,654
Δ	—	62,816

(soit en mètres à la latitude de 46G9540 : η = 464m,9).

D'où

θ = 517m,3 (sur l'azimut de 71 grades).

L'attraction résultante s'effectue en direction de la région Sud du massif du San Pedrone dont la crête s'élève de 1.200 à 1.450 m.. Elle traverse l'alignement plus proche des avant-monts du Monte Osari et du Monte San Appiano semblant plus attirée par ce dernier situé en effet à plus courte distance.

Résumant les enregistrements donnés par les résultats des déviations de la verticale aux huit positions des Alpes et aux six positions de Corse étudiées, il est permis de dire que, sans exception, c'est toujours le massif orographique le plus puissant en volume et en élévation aussi bien que le plus proche qui a déterminé l'attraction finale visible. Quelle que soit la constitution géologique, celle-ci n'a pu jouer que très secondairement par les différences de densité; et notamment en ce qui concerne la théorie de l'isostasie, les hypothèses qui en découlent n'ont jamais pu être mises en évidence, complètement masquées par les seules influences topographiques.

Enfin, il semble bien que quelle que soit l'importance de la masse qui provoque les attractions, celles-ci ne se font sentir qu'à des distances relativement faibles qui ne doivent pas dépasser deux à trois dizaines de kilomètres.

Paul Helbronner,

Membre de l'Institut.

1. HATT : *Exposé des opérations géodésiques exécutées de 1884 à 1890 sur les côtes de Corse.* Paris, Imprimerie Nationale, 1907, p. 78.

SUR LA CONNAISSANCE DES ÉLÉMENTS MÉTÉOROLOGIQUES

Les observations météorologiques que l'on multiplie de plus en plus permettront un jour — on vit dans cette espérance — d'élucider les grands problèmes de la Climatologie, de définir avec précision les climats eux-mêmes et de savoir dans quelle mesure ils se transforment, soit avec des variations continues et des spasmes, soit à travers des balancements quasi-périodiques. Mais, avant cette ère lointaine, nous avons tout loisir de disserter sur les processus météorologiques eux-mêmes et d'examiner de façon critique les méthodes que nous utilisons pour en mesurer les effets, pour noter en un mot les diverses conditions de l'atmosphère.

Les causes astronomiques ont certainement une grande importance sur les états successifs de l'atmosphère terrestre : variation de la position de l'axe de rotation, modification dans la position du périhélie, changement d'excentricité de l'orbite terrestre, ont assurément un rôle de premier ordre, indéniable, et c'est ainsi que l'on a pu imaginer, au point de vue géologique, que la Terre ait traversé une série de périodes diluviennes et normales, chaudes et glaciaires. Puis il est établi que les causes physiques entrent en jeu, telles que les propriétés de l'atmosphère, et ses qualités variables, pour expliquer la pénétration et la réception des radiations; au point de vue mécanique, aussi, les mouvements lents ou brusques de l'écorce terrestre et de la masse interne ne pourront être négligés et on les retrouve en étudiant l'action de la Lune. Enfin, c'est à une série de processus chimiques qu'il faut recourir pour apprécier les variations, au cours des temps géologiques, dans la composition de notre enveloppe gazeuse : c'est donc aux efforts combinés de l'Astronomie et de la Physique qu'il revient d'expliquer le rythme des périodes glaciaires passées et futures.

Sans doute, bien des phénomènes géologiques peuvent s'expliquer par l'influence des causes encore actuellement agissantes : cette idée, mise en avant par Constant Prévost, il y a près d'un siècle, défendue par lui avec vigueur, fut reprise et développée par Boué (1865) non sans quelque succès. Mais de tels processus sont insuffisants dans leur ensemble et il nous faut, aujourd'hui, plus de hardiesse, de témérité même dans les hypothèses, d'autant que toutes les ressources de sciences variées doivent coopérer aux explications.

Pour montrer que la distribution des terres et des mers a une influence plus grande sur les climats que celle de l'excentricité ou de la position de la ligne des apsides, Lyell remarque que la Terre est plus chaude en juillet, c'est-à-dire au moment où elle s'éloigne le plus du Soleil, qu'en décembre alors qu'elle s'en rapproche au maximum : mais ceci ne fait que soulever d'autres inconnues, telles que le mode d'intégration de la chaleur reçue par la surface, le rythme des vagues calorifiques dans l'intérieur du sol, etc...

Si le sol agit, pour éviter le refroidissement de la Terre, en constituant une sorte de manteau protecteur, c'est surtout la déperdition de la chaleur par les aires marines qu'il faut envisager avec soin. Mais la mer n'est pas fixe, rigide, et il faut immédiatement signaler le rôle très important que vont jouer les courants marins; les terres et les mers interviennent, soit par leur répartition, soit par leurs rôles différents dans le refroidissement du globe; les lacs eux-mêmes joueront dans les climats un rôle régulateur manifeste.

Il y a longtemps que Buist (1853) a émis des idées très intéressantes sur le rôle régulateur des courants marins au point de vue thermique ainsi que pour le cycle d'évaporation des eaux; Scoresby, de son côté, séparait très justement les rôles climatiques des deux types de courants, courants froids polaires et courants chauds, plus ou moins équatoriaux comme le Gulf-Stream ; Maury (1858) s'efforce aussi de mettre en évidence l'action des courants sur les climats des divers continents. Hennessy signale l'influence du Gulf-Stream sur les hivers des îles britanniques, travaux du même genre que ceux qu'entreprendra plus tard Eckholm, pour la Suède.

Les courants froids sont beaucoup moins connus et moins étudiés dans leurs conséquences : Edlund (1864) avait cependant fait des remarques fort intéressantes sur le refroidissement superficiel de la mer, la formation des glaces de fond et de surface et la brusque remontée des glaces de fond.

Hélas ! si intéressants que soient tous ces travaux, ils soulèvent aussi bien des énigmes connexes :

L'appareil distillatoire des surfaces marines fut-il constant ? ou faut-il supposer avec E. Frankland, pour intensifier son rôle, que la température de la mer aux époques glaciaires était plus élevée qu'elle ne l'est à présent ? Et si l'on envisage d'autres phénomènes, tels que les soulèvements nécessaires à la formation des chaînes de montagnes, les apports d'alluvions à la mer, les transports de masses ne sont-ils pas capables de

réagir sur l'équilibre du Globe en déplaçant l'axe de rotation (Haedenkamp, 1853) par une sorte de nutation — faible, sans doute, mais que sait-on de ses effets possibles avec le temps ?...

Ainsi, déjà, tous les éléments du problème viennent se mêler d'une façon fort complexe.

Et, avec les découvertes récentes, le problème se complique encore car la radiation solaire n'est pas une entité fixe, constante, sur laquelle on puisse établir des raisonnements indépendants du temps : les expériences simultanées de Abbot et Aldrich ont suffisamment mis en évidence que le Soleil est une étoile variable, dont le type d'émanation est fort complexe ; en outre, Bigelow s'est efforcé de montrer que le mode généralement admis pour la propagation de l'énergie solaire jusqu'à la Terre n'est pas *unique*, et qu'il y peut être suppléé par des phénomènes basés sur la force magnétique du Soleil.

Enfin, nous savons par les météorologistes qu'on ne peut négliger les grands courants atmosphériques, avec leurs conséquences de brassage et d'échanges : et si l'on considère que les grands courants des couches atmosphériques supérieures, aussi bien sur le Soleil que sur la Terre, sont la cause immédiate de l'électrisation par frottement des particules solides et liquides en suspension (Luvini), on peut conclure par influence à des modifications correspondantes sur les deux astres ; en particulier, les grands troubles magnétiques terrestres répondraient aux époques de grande activité solaire ; Brillouin, pour l'électricité atmosphérique, a mis en relief le rôle joué par le Soleil, dont les radiations ultra-violettes viennent décharger l'électricité négative des aiguilles de glace des cirrus — et rien de tout cela, en fin de compte, n'est indifférent aux conditions superficielles dans lesquelles s'agite l'homme.

Mais, s'il est impossible de nier le très vif intérêt qui s'attache à toutes ces recherches, il faut bien aussi reconnaître, d'une part, que les résultats n'en sauraient encore être acceptés comme définitifs ; d'autre part, nous ne saurions nous attarder davantage aux variations des climats aux époques géologiques, étude qui ne rentre pas, à proprement parler, dans le domaine étroit de la Météorologie.

*
**

Ainsi, pour apprécier les éléments météorologiques qui caractérisent l'état et les propriétés de l'atmosphère, il paraît logique au début d'en rechercher les causes elles-mêmes : leur connaissance est indispensable, en toute rigueur, au bon établissement des appareils de mesure, de manière à éviter les causes d'erreurs, fortuites ou systématiques, qui viendront entacher les déterminations numériques.

Or il paraît certain que si l'on veut ainsi remonter aux origines on soulève plus de difficultés que l'on ne résout d'énigmes et le mystère s'étend sur plusieurs domaines, rôle et propriétés de la radiation solaire, mouvements géologiques, régime des courants aériens et marins ; et puisque la question posée pour des époques aussi lointaines ne paraît pas encore comporter de réponse précise, sous la forme qui nous intéresse, nous allons nous borner à l'examen des modifications qui ont pu se produire dans les temps historiques.

Pour savoir si des changements dans les éléments météorologiques peuvent être constatés pendant la période historique, on s'est efforcé de déterminer les modifications de toute nature capables d'affecter un des éléments des climats : les uns peuvent concerner toute la surface de la Terre ; d'autres, ne s'appliquer qu'à des contrées restreintes et provenir, par exemple, d'influences purement humaines telles que destructions ou plantations de forêts. Mais nous savons aussi que les conditions politiques, elles-mêmes, peuvent venir compliquer le problème et, en étudiant les phénomènes agricoles, on aperçoit rapidement que le facteur essentiel qui les conditionne se trouve dans le développement économique de la région.

Et si les moyennes météorologiques offrent le grave inconvénient de faire disparaître les écarts importants[1], les singularités essentielles qui sont sans doute les plus instructives, du moins elles reprennent ici toute leur importance : les variations à longue période qui peuvent survenir dans le climat d'un pays ne sauraient être convenablement étudiées sans ces moyennes, qui constituent le squelette et la base fondamentale de la climatologie. L'établissement même de ces moyennes présente de grandes difficultés : elles ont été bien mises en évidence par Angot lorsqu'il étudie la valeur des moyennes au point de vue de la variabilité des températures, montrant nettement qu'il est impossible de comparer deux stations sans de longues séries et *composées des mêmes années* d'observation.

Jusque là, les meilleurs esprits s'étaient fait une idée fort inexacte de la complexité des questions météorologiques et de l'extrême minutie qu'il faut apporter dans les observations : ainsi Lan-

1. Un hiver rigoureux est une singularité digne d'attention, deux hivers rigoureux consécutifs constituent une exception tout à fait remarquable : mais j'ai montré, pour un cas récent, que le premier ayant été précoce et le second tardif, la moyenne des deux fournit une courbe voisine de la normale ; les singularités intéressantes disparaissent. (*Acad. d'Agric. de Fr.*, (23 octobre 1918.)

gier pensait que l'on pouvait interpoler les températures lorsqu'elles n'avaient pas été lues en temps opportun, tandis que Le Verrier soutenait, avec très juste raison, surtout en cette matière, qu'on ne doit admettre aucun nombre qui n'ait été lu individuellement.

De plus, les recherches sont rendues particulièrement laborieuses par la multiplication des nombres observés, et il est impossible de simplifier d'une manière systématique. Ainsi, par exemple, l'idée d'apprécier la température moyenne de l'année par une seule observation diurne à 8 heures du soir (Lucas, 1870) est plus curieuse qu'utile, et inapplicable aux études précises; il en est de même pour les multiples suggestions d'apprécier la température d'une journée à l'aide de deux ou trois observations bien réparties, qui fournissent de précieuses indications mais sont impuissantes à exprimer le *caractère* thermique de la journée.

Le traitement à faire subir aux nombres des statistiques est un problème fort délicat et qui a suscité récemment d'importantes recherches : on peut même dire qu'il constitue toute une science. On a proposé dernièrement de substituer à la moyenne arithmétique la moyenne des nombres extrêmes observés[1] : ce procédé rapide peut conduire à d'ingénieuses remarques, mais il est tout à fait impropre à poursuivre des buts scientifiques; appliqué à la pluie dans une station qui présente comme extrêmes 406 mm. 4 et 1.065 mm., sur un intervalle de cinquante ans, il fournira 735 mm. 8 alors que la véritable moyenne est 728 mm. 3 — et la connaissance de nombres à 1/100 près est tout à fait insuffisante.

Mais c'est surtout en matière de *continuité* dans les observations, et nécessité des longues séries, que l'on constate la plus riche incompréhension des problèmes en jeu : à propos des discussions qui s'élevèrent devant l'Académie, relativement aux observations météorologiques à effectuer en Algérie, le Maréchal Vaillant « fait ressortir aussi très habilement l'importance, dans certains cas, des observations passagères ou faites à bâtons rompus, *dont la Commission ne veut pas entendre parler* »[1].

Combien la Commission avait raison! et, pourtant, tout près de nous, on a continué les mêmes errements funestes : opérations par saccades et sans méthode, suppression d'anciens postes pour en créer d'autres à côté, confusion entre la quantité et la qualité des nombres observés, changement constant des instruments. Au total aucune homogénéité permettant des conclusions scientifiques.



Ainsi, en résumé, notre ignorance dans les causes de variation des propriétés de l'atmosphère a rendu difficile l'établissement d'un système de mesure logique pour les éléments météorologiques; puis notre imprévoyance, goût un peu maladif de modifications, changements, croyance à notre supériorité sur nos prédécesseurs, sont venus compliquer les questions en détruisant toute l'homogénéité des séries d'observations. Il ne faut plus, après cela, s'étonner si la discussion des observations apporte une maigre moisson pour les relations avec les actions extérieures, telle l'activité scolaire, et si nous sommes impuissants devant le problème le plus passionnant de tous, celui de la variabilité des climats.

Jean Mascart,
Directeur de l'Observatoire de Lyon.

1. H. Dackweiller : Moyenne arithmétique et demi-somme des extrêmes, *Ann. S. Sc. de Brux.*, déc. 1928, p. 73.

1. Acad. des Sciences, 17 déc. 1855; cf. *Cosmos*, t. VII, p. 690.

L'ÉTAT ACTUEL ET L'AVENIR DE NOS ROUTES[1]

Le développement et la perfection des voies de communication témoignent du degré de civilisation matérielle d'un pays. La multiplication des routes, des canaux, des chemins de fer, des ports maritimes et des ports aériens n'est pas seulement l'indice d'une prospérité commerciale croissante; les mailles, plus ou moins serrées de ces divers réseaux, illustrent sur le terrain l'avancement scientifique de la nation possédante et même, dans une certaine mesure, caractérisent son état social et moral. Parmi tous ces moyens de transport, les routes occupent, grâce surtout à l'automobile, une place primordiale : elles constituent, en effet, un système qui, pouvant assurer toutes les communications terrestres, alimente encore ou joint les autres lignes ouvertes au commerce et à l'agrément. M. Louis Barthou, parlant aux ingénieurs réunis à Milan, en 1926, en un Congrès international, a pu dire au sujet des routes : « Faites-les robustes, avenantes, agréables, afin que les peuples rapprochés apprennent de plus en plus à se connaître et poursuivent, avec une confiante ardeur, l'œuvre de civilisation solidaire, qui fera l'humanité meilleure. »

Si l'art de construire et d'entretenir les routes se discutait ainsi, devant une grande assise internationale où les principaux Etats du globe avaient délégué leurs spécialistes, c'est parce que la locomotion automobile menace de détruire toutes les chaussées qui ne sont pas organisées pour résister au nouveau roulage, et que l'on ne sait pas encore très bien ce que permettent de faire les ressources financières dont on dispose.

USURE ET ENTRETIEN

Ce n'est pas la première fois que les ingénieurs et que les gouvernements ont à résoudre une question de cet ordre. La raison de l'usure excessive que l'on constate à une certaine période, est toujours un accroissement du nombre des véhicules, de leur masse, de leur vitesse et de leur mode d'action; ainsi, l'équilibre qui s'était établi entre l'action du roulage et la réaction de la route se trouve rompu et cette dernière en souffre terriblement.

Le développement des voies ferrées avait, avant l'automobile, détourné des chemins ordinaires tous les transports à grande distance; mais on ignore généralement que cette période calme avait été précédée d'une crise, dans les premières années du règne de Louis-Philippe. Une commission extraordinaire fut chargée de trouver le moyen de construire des routes assez résistantes pour un roulage dont l'importance et le poids ne cessaient de progresser, et favorables à la traction animale.

Très sagement, les savants ingénieurs qui constituaient cette commission où siégeaient Navier et Coriolis, illustres mathématiciens et mécaniciens, poursuivirent des expériences dont ils avaient étudié le programme, en vue d'organiser des chaussées et des routes solides, aussi économiques pour l'Etat que pour le roulage. Le diamètre des roues, la largeur de jante, les ressorts des véhicules furent considérés avec autant d'attention et de science que la constitution même des revêtements routiers et de la plate-forme où ils reposent.

Les intérêts du Trésor qui paie les routes, du roulage qui paie la traction et du public qui paie le tout sont, en effet, intimement liés. Si le roulage s'exerce dans des conditions déplorables avec des équipages de rendement médiocre sur de mauvais chemins, le prix de revient des transports entraîne la cherté des marchandises, l'usure anormale des chaussées entraîne à des réparations coûteuses. Ainsi la route doit être telle qu'elle soit facilement entretenue en bon état pour un roulage facile; mais les véhicules ne doivent être ni trop lourds, ni trop rapides. La masse des détritus formés représente une double perte, d'abord en efforts inutiles, puis en reconstitutions que l'on aurait évitées si les deux systèmes en présence, chaussées et véhicules, avaient été harmonieusement combinés. Toute pierre broyée sur le chemin est un double gaspillage : frais de traction et dépenses d'entretien.

Les routes n'étant pas, comme sont les chemins de fer, confiées à une seule entreprise qui entretient, répare et exploite, le gouvernement qui paie les travaux pourrait être tenté d'économiser sur les dépenses. Ce serait là une politique à courte vue, car il est plus onéreux de maintenir les routes dans un état médiocre que de les conserver en bon état; on ferait un mauvais calcul : celui d'un industriel qui lésinerait sur l'entretien de son outillage ou qui voudrait utiliser des machines trop faibles ou de mauvais rendement.

On ne peut négliger, non plus, les dépenses de

1. Notre collaborateur, **M. Edmond Marcotte**, dont les articles ont toujours été si goûtés de nos lecteurs, a publié, le 15 juillet, dans la *Revue des Deux-Mondes*, les intéressantes pages que nous reproduisons ici avec son assentiment et le très gracieux consentement de M. René Doumic, secrétaire perpétuel de l'Académie française, directeur de la *Revue des Deux-Mondes*.

carburants ou d'huiles, que l'on achète surtout à l'étranger. Si de bonnes méthodes d'entretien font baisser ces consommations, on pourra peut-être augmenter un peu l'impôt et y trouver des ressources nouvelles. D'autre part, cette diminution dans la consommation d'essence, de benzol ou d'huiles, prouvera que les résistances passives et inutiles sont atténuées et, par conséquent, que la route s'est moins usée. On pourra donc prévoir une diminution des frais de réfection.

Nous venons de parler de l'impôt. Quel qu'il soit, n'est-il pas équitable de le fonder sur le pouvoir destructeur relatif de chaque véhicule taxé ? Cela peut même stimuler les progrès de l'industrie automobile. Mais, pour établir une échelle indiscutable de taxes, il convient de poursuivre méthodiquement un certain nombre d'essais.

LES ESSAIS DES INGÉNIEURS

Malheureusement ces essais sont très compliqués. Il y a, entre les routes de France, trop de différences qui tiennent au sous-sol, à la fondation, à la constitution de la chaussée, au climat, à la circulation locale, etc., pour qu'on puisse apprécier les causes d'usure mesurables.

C'est donc sur une piste appropriée, comprenant diverses routes types, que l'on doit faire circuler, d'abord le même véhicule pour comparer les routes, puis des voitures différentes pour élucider les avantages et les inconvénients des châssis, des moteurs et particulièrement des bandages de roues, de leurs suspensions élastiques et de leurs amortisseurs. C'est ce que l'on fait actuellement sur la piste de Vincennes. On aura ainsi une comparaison entre les différents types de routes que l'on peut construire sur un fond indéformable et l'on pourra confronter aussi les différents types de véhicules qui peuvent circuler sur ces routes. L'influence des fondations pourrait être étudiée ensuite sur une autre piste où l'on construirait, sur différentes fondations, les chaussées des meilleurs types retenus.

Longue et laborieuse sera cette méthode scientifique consistant à diviser les difficultés pour les mieux résoudre, ne faisant varier à la fois qu'un élément simple du problème, et à procéder ensuite à des vérifications d'ensemble de plus en plus complexes. Que l'on essaie d'abord dix types de routes, trois types de fondations et cinq types de châssis et de roues, la question aura avancé singulièrement. Nous connaissons déjà le résultat de certains essais, en France et à l'étranger, aux Etats-Unis particulièrement, et nous pouvons espérer avoir, à bref délai, de précieuses conclusions. En matière de routes, l'étude approfondie de quelques mètres est plus utile que l'examen superficiel de cent lieues. Nos ingénieurs des Ponts et Chaussées ont la réputation d'être les premiers dans le monde pour les travaux les plus divers et ils n'ont pas manqué, en mettant leur science au service des routes, d'apporter déjà des améliorations pratiques sensibles. L'aménagement d'un réseau de grande circulation a été étudié et certaines mailles de ce réseau possèdent déjà toutes les qualités souhaitables.

Les efforts des ingénieurs étrangers ne sont pas, non plus, à dédaigner; ils se sont affirmés notamment aux divers congrès de Bruxelles en 1910, de Londres en 1913, de Séville en 1923 et enfin de Milan en 1926, où 2.000 congressistes environ représentaient 52 Etats.

Nous ne pouvons ni analyser, ni même résumer ces travaux scientifiques et techniques. Un congrès international ne peut, d'ailleurs, émettre que des conclusions acceptées par l'ensemble ou la grande majorité des délégations. Il ne juge pas, mais il rassemble une large documentation que la discussion orale permet de préciser et de développer. La plupart des communications sont fondées sur des constatations forcément empiriques et il est prudent de réserver les conclusions.

Les questions soumises au congrès de Milan au sujet de la construction et de l'entretien des routes étaient au nombre de trois : les routes en béton, les chaussées utilisant le bitume et l'asphalte et enfin la « standardisation » des épreuves de réception des matériaux. Nous avons là une première idée des préoccupations des techniciens.

« Standardiser » les épreuves, cela veut dire les définir et faire accepter ces définitions par tout le monde pour unifier et préciser les unités et les méthodes qu'on emploie. Ce vocable nous revient d'Amérique. Au moyen âge, l'« estandard » était, parmi toutes les bannières, le drapeau principal de l'armée, celui qui ralliait tous les combattants d'un même parti, le drapeau par excellence. Une standardisation n'est pas seulement l'unification ; c'est l'unification vers le mieux. Une méthode standard est par conséquent la meilleure méthode, celle que tout le monde doit accepter. Il n'a pas été possible de définir, à Milan, les essais standards, encore moins les routes standards : du moins les principes ont-ils été posés, ce qui est un progrès.

UN PEU D'HISTOIRE

La création du corps des Ponts et Chaussées a été en France le premier effort d'ensemble pour la perfection de la viabilité.

Sans doute, des rois mérovingiens, puis Char-

lemagne avaient tenté de remettre en état les voies romaines, pavées de larges dalles, et il existe encore, notamment dans le nord et le nord-est de la France, des vestiges de chaussées grossières, mais parfaitement alignées, dites « chaussées Brunehaut ». La féodalité, sur ses montures, se contente de pistes et néglige les routes; puis Louis XI organise des postes et, semble-t-il, des chemins; Beaumanoir, en 1283, en distinguait cinq sortes: le sentier, la voière, la voie, le chemin et le chemin royal qui a soixante-quatre pieds de large. L'usage des coches et des carrosses commence à se répandre sous Charles VIII; les derniers Valois s'intéressent aux communications qui facilitent l'administration et le commandement. François Ier affecte les péages à l'entretien des grands chemins dont le développement atteint 25.000 kilomètres en 1552. Les Bourbons perfectionnent ces itinéraires. En 1599, Henri IV confie à Sully une nouvelle charge, celle de Grand Voyer, supprimée en 1621 mais rétablie en 1645, pour faire cesser les usurpations des terrains affectés aux chemins et les entraves à la circulation. Colbert crée des commissaires spéciaux et alloue des subventions pour l'entretien des routes; mais on peut croire que les seules liaisons ainsi établies sont entre les « maisons royales » ou entre celles-ci et la capitale, si l'on en juge d'après les récits d'incidents, d'accidents et d'aventures des personnes de qualité qui voyageaient à ce moment à travers le royaume.

Institué en 1716, le corps des Ponts et Chaussées, dirigé successivement par d'Ormesson, les deux Trudaine, de Cotte, Chaumont de Millière et Perronet, organise les chemins. Les arrêts de 1705 et 1720 exigent que les routes forment des avenues dont on retrouve la belle ordonnance sur beaucoup de nos routes nationales. Trésaguet, ingénieur de la généralité de Limoges, élucide les meilleures règles d'empierrement et insiste sur la nécessité d'une solide fondation, que l'Anglais Mac-Adam fit négliger, mais qui a été remise en honneur.

Nous avons rappelé la crise qui motiva, dans les premières années du règne de Louis-Philippe, les excellents travaux d'une commission spéciale. C'est à cette époque que l'on édicte la loi et les décrets sur la police du roulage, refondus dans notre Code de la route (1922), et qu'on doit encore amender.

Mais le triomphe des chemins de fer relègue au second plan les routes royales, impériales, puis nationales, que l'on songe même à déclasser pour les incorporer dans la vicinalité, qui comprend des chemins devenus très importants quand ils desservent une grande gare. Il faut féliciter les gouvernements qui eurent la sagesse de résister à la tentation de libérer le Trésor des frais d'entretien des routes, dont les départements auraient pris la charge, mais avec l'intention de négliger ou même d'aliéner certaines parties. Il eût été difficile de reconstituer le réseau national que l'automobile rend indispensable et dont le rôle n'avait jamais été aussi grand dans l'économie de notre pays.

Sous l'Action de l'Automobile

Si l'automobile a remis les grandes routes en honneur, elle les soumet à des épreuves particulièrement dures.

La pression exercée sur la route par la jante d'une roue est sans doute capable d'écraser un caillou isolé, de disloquer ou de fissurer les pierres; mais on peut mettre en œuvre des matériaux résistants et limiter, sinon les charges, du moins les pressions transmises par unité de largeur de jante: le code de la route limite à 150 kilogrammes par centimètre de largeur de bandage la pression de tous véhicules sur la chaussée.

Mais tandis que les voitures à chevaux n'exerçaient, à peu près, que cette pression avec une action tangentielle modérée, dirigée dans le sens de la marche, — de sorte que la roue à chaque passage tendait à ramener et à mieux encastrer toute pierre incomplètement fixée dans son alvéole, — les voitures à moteur mécanique ont un effet tout différent.

Les premières mettent si bien la chaussée en ordre, que pendant longtemps on a pu se passer des rouleaux-compresseurs et que la véritable maçonnerie mosaïque, constituant la route, se formait et se parachevait sous l'influence même du roulage; il suffisait d'une fondation sèche, de bons cailloux solides et bien calibrés et de quelques soins élémentaires, où les cantonniers excellaient, pour que cette maçonnerie fût parfaite. La route s'améliorait lentement et quand elle s'usait, un nouvel emploi de matériaux, suivant des règles parfaitement élucidées, permettait de réincorporer dans la chaussée, ce qu'elle avait lentement perdu. Les petits éclats et les matières pulvérulentes résultant de l'usure, qui se trouvaient entre les pierres de cette mosaïque, suffisaient à lier ses éléments, puisque le roulage n'avait guère d'autre action immédiate que de les mieux fixer à leur place. On peut donc dire que les voitures à chevaux sont, pour une chaussée, des auxiliaires précieux de conservation.

Au contraire, les roues motrices des automobiles sont des agents de désordre, non pas tant parce que le pneumatique « boit l'obstacle » et

peut exercer certains effets de succion, — les bandages pneumatiques des roues ordinaires ne sont pas redoutables, au contraire, — mais à cause de l'effort moteur transmis par l'essieu et dont les accélérations, positives ou négatives, sont particulièrement gênantes. On comprend facilement que les freinages énergiques et les glissements latéraux râpent énergiquement la surface de la route; mais il est plus malaisé d'expliquer simplement les actions réciproques des roues motrices et de la chaussée.

Lorsque la chaussée n'est pas parfaitement unie, tout élément qui dépasse un peu les autres reçoit, du bandage, un choc d'abord dirigé vers l'avant; puis, au moment où le bandage abandonne cette pierre, il tend à la chasser violemment vers l'arrière. Ainsi toute pierre qui montre un peu la tête est énergiquement secouée dans un sens et dans le sens opposé; elle ne tarde pas à être arrachée si un ciment convenable ne la retient. On voit pourquoi il ne serait pas possible de compter sur la circulation automobile pour faire entrer dans la chaussée des matériaux neufs; on comprend les raisons du calibrage régulier des matériaux, du cylindrage et des liants spéciaux, autre que le sable et l'eau.

Il est bien évident que les ingénieurs du corps des Ponts et Chaussées ne se contentent pas de ces explications sommaires et qu'ils ont utilisé toutes les ressources de l'analyse mathématique pour expliquer et calculer la formation de ces trous justement dits « nids de poules », qui caractérisent une route trop peu résistante pour une circulation automobile intense. Dès que ces creux apparaissent, leur développement se fait avec une rapidité inimaginable, les pierres du bord étant très facilement arrachées sous l'effet de la double action que nous avons signalée.

Quelques chiffres vont fixer les idées. A une vitesse parfaitement *uniforme* de 55 kilomètres à l'heure, sur un macadam sec en bon état, l'effort de l'essieu-moteur détermine, aux contacts de la jante des roues motrices et du sol, une action tangentielle de 6 kilogrammes, cela en palier. Lorsqu'une rampe de 3 pour 100 se présente, il faut, si l'on veut conserver la même vitesse, augmenter l'effort moteur; et l'action tangentielle à la jante de chacune des roues motrices, passe de 6 à 28,5 kilogrammes, c'est-à-dire qu'elle est presque quintuplée. Il y a des montées beaucoup plus raides où les actions sont beaucoup plus considérables.

Même lorsque la route est parfaitement de niveau, toute accélération de vitesse entraîne des actions destructives notables. Qu'on en juge : pour passer seulement de la vitesse de 55 kilomètres à l'heure à la vitesse de 58,5 kilomètres, on fait croître l'action tangentielle de 79 kilogrammes.

Ce n'est donc pas la vitesse elle-même qui est désastreuse pour les routes et pour les pneumatiques; ce sont ses variations incessantes par suite des déclivités du chemin et de toutes les circonstances qui obligent le conducteur à accélérer ou à ralentir la marche de son véhicule.

Encore les calculs très simples dont nous venons de rapporter les résultats, à titre d'exemple, n'expriment-ils pas toutes les perturbations provenant des aspérités et des irrégularités superficielles, des chocs, des oscillations et des bonds de la voiture, du patinage des bandages qui augmentent — et de beaucoup — l'intensité des actions tangentielles. Chaque fois qu'un obstacle fait bondir la voiture et qu'une roue motrice abandonne un instant le sol, l'augmentation immédiate de la vitesse angulaire de cette roue fait agir son bandage à la manière d'une meule, dès qu'il reprend contact avec le sol.

La destruction d'une chaussée en macadam ordinaire est donc toujours rapide dès que la circulation automobile prend, relativement à la traction animale, une certaine importance; on le voit bien au soulèvement considérable de poussière qui accompagne les voitures automobiles. Ainsi la chaussée se pulvériserait si l'on ne la défendait en empêchant la formation de cette poussière.

Les Remèdes

Le premier remède a donc consisté à étendre sur la chaussée des goudrons qui, pénétrant peu à peu, forment un tapis protecteur suffisant pour la circulation de voitures légères.

D'autre part, on a demandé aux constructeurs de voitures, de proportionner les charges à la largeur des jantes, de limiter la vitesse d'après le poids, d'améliorer les bandages et l'élasticité des suspensions, d'employer des amortisseurs efficaces, etc.., toutes conditions aussi favorables, d'ailleurs, aux voitures qu'à la route. On ne pouvait aller plus loin dans la réglementation sans porter préjudice au tourisme, au roulage commercial et à notre industrie; et il fallait bien ensuite offrir, aux bonnes voitures, des routes aussi parfaites et agréables que possible.

On s'aperçut vite qu'il fallait faire subir au tracé et au profil des routes existantes, des corrections convenables pour éviter des efforts anormaux de traction et surtout des variations trop brusques d'accélération; relever les virages afin de réduire les actions centrifuges et les dérapages; élargir les chaussées selon le trafic; améliorer les tour-

nants et les croisements, notamment en dégageant les vues, etc... Mais, par-dessus tout, il fallait constituer des revêtements unis, solides, intimement liés, en vue d'éviter les trois graves inconvénients que nous connaissons : développement anormal des actions tangentielles et de choc, écrasement des matériaux par les charges, déplacements et dislocations causées par les roues motrices. Nous avons vu que toute irrégularité dans la surface de roulement est aussi nuisible aux automobiles qu'aux chemins.

Voilà le programme essentiel dont l'exécution se poursuit dans tous les pays civilisés. L'Association internationale des congrès de la route a son siège à Paris, 1, avenue d'Iéna; elle permet des échanges de vues entre techniciens et usagers; elle réunit les représentants officiels de nombreux gouvernements et compte plus de mille adhérents, y compris les grandes administrations (départements, villes, chambres de commerce), les associations sportives (Automobile-Club et Touring-Club) et professionnelles (chambres syndicales d'entrepreneurs, de constructeurs d'automobiles, etc...) de la plupart des nations. Ainsi la pensée française unit toutes les intelligences qui s'attachent à la perfection des transports sur route.

Le goudron. — Grâce à cette collaboration, les ingénieurs disposent de procédés dont la gamme s'enrichit et se perfectionne peu à peu dans le sens de l'efficacité et de l'économie. Dans certains cas, un tapis superficiel assure une protection suffisante, mais il faut, souvent, agir sur le corps même de la chaussée, et même sur sa fondation.

Le goudron a été une première solution contre la poussière, son emploi répété sur de bons macadams peut, parfois, faire durer indéfiniment certaines sections de route; mais les goudrons ne sont pas assez plastiques à froid, il faut les chauffer et ne pas les employer l'hiver. Les huiles dérivées des pétroles, surtout les émulsions de ces produits dans l'eau sont préférables et l'on a fait aussi des émulsions de goudron dont l'usage se généralise. Je ne retracerai pas le schéma de tous les travaux scientifiques qui ont permis de fabriquer ces émulsions et de les stabiliser; il s'agissait d'obtenir des produits colloïdaux qui ne se coagulent pas avant et pendant l'emploi, ce qui était difficile, car les constituants de l'émulsion tendent à se séparer; on dit que l'émulsion « se casse », et c'est ce qu'il fallait éviter.

Le tonnage d'hydrocarbures ainsi employé sur les routes de France est passé de moins de 10.000 tonnes en 1913 à plus de 210.000 tonnes en 1927, dont 40.000 tonnes de bitume, 27.000 ayant été employés sous forme d'émulsion aqueuse.

Il est de la plus haute importance d'utiliser avec le maximum d'effet utile, des substances qui coûtent cher et qui contiennent des constituants indispensables à d'autres industries, en vue d'éviter un véritable gaspillage d'argent et de matière première. Un service des goudrons et bitumes a donc été créé au laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées, dont les analyses et les recherches ont permis, notamment, l'emploi de goudrons préparés, dits reconstitués, à la place des goudrons bruts, dont les huiles légères, les benzols, les phénols et une partie des huiles de créosote deviennent disponibles pour d'autres applications. Les méthodes scientifiques du contrôle des asphaltes, des bitumes et des émulsions aqueuses, — qui viennent d'être introduites dans la technique des chaussées, — ont été établies.

Les agglomérés. — Une question d'apparence bien simple exigea des études fort complexes. Le sol français comprend une quantité considérable de calcaires, matériaux faciles à extraire et à préparer, malheureusement trop fragiles pour nos chaussées; mais il se trouve que, sous l'action du silicate de soude, — autre produit français, — le calcaire durcit, devient plus résistant, moins poreux; ainsi un mélange de pierres calcaires convenablement calibrées forme, avec des solutions de silicate de soude, un aggloméré dont les morceaux sont parfaitement collés, et qui paraissait constituer, pour une chaussée, une maçonnerie assez résistante, présentant au roulage une surface tout à fait unie.

Venue de Suisse, cette méthode a été perfectionnée par le regretté ingénieur Guelle, de Besançon. Elle a reçu différentes modifications suivies de nombreuses applications; mais des échecs partiels, se traduisant par une abondante poussière et des désordres plus profonds, sont venus troubler les espérances que l'on avait d'abord formées à ce sujet.

Tous les calcaires, ni tous les silicates, ni toutes les méthodes d'emploi, n'étaient donc pas recommandables.

Au laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées, un chimiste de talent, M. P. Deslandres, étudia, d'abord les calcaires à l'aide d'une échelle de dureté qu'il imagina, plus précise que celle de Mohs en usage pour les minéraux, puis les solutions de silicates elles-mêmes, enfin les agglomérés. Simultanément, les transformations des corps en présence ont été observées au microscope et en lumière polarisée par M. Jodot, chef des travaux de géologie à l'Ecole des Mines et, d'autre part, par M. P. Gavelle, directeur du laboratoire des Etablissements Kuhlmann.

A la vérité, les phénomènes en question ne sont pas encore complètement élucidés, mais l'on sait maintenant que les solutions de silicate de soude ont les propriétés caractéristiques des solutions colloïdales et l'on a établi une théorie, provisoire comme toutes les théories, mais qui permet de mettre de l'ordre dans les observations et d'énoncer des conclusions utiles. C'est ainsi que l'on sait qu'une solution de silicate, pénétrant par capillarité dans un calcaire, se décompose pour former à la partie superficielle un dépôt siliceux, tandis que, plus profondément, s'infiltre une solution alcaline avec très peu de silice, une partie de la soude passant d'ailleurs à l'état caustique, ce qui est la conséquence du *gel* de silice formé. Les recherches ne sont pas encore terminées, le laboratoire régional de Besançon, notamment, les poursuit dans le domaine de la Physico-chimie. Nous pouvons souhaiter qu'elles aboutissent à des méthodes infaillibles et que l'on arrive à fabriquer à bon marché les solutions de silicate convenables.

Béton de ciment. — Nous retrouverions le même déploiement de notions scientifiques pour les routes en béton de ciment : le durcissement des liants hydrauliques, le choix et le mode d'emploi des porphyres, des granits et des autres agrégats, l'étude du retrait et de la dilatation, sont l'objet de recherches très compliquées qui semblent se parachever.

Assurément, le béton de ciment est une matière moins résistante que le pavé, mais ce qu'on perd sur la résistance propre est compensé par la perfection de la surface, réduisant à de faibles fractions les actions destructives qui s'exercent sur les routes ordinaires, à cause précisément des irrégularités, saillies et flèches, que ces dernières ne peuvent pas ne pas présenter. A ces facilités de roulement doux et silencieux, le béton joint des commodités pour le nettoiement et une propriété, précieuse pour les automobiles rapides, celle de n'être pas glissant.

La première chaussée cimentée a été exécutée à Grenoble, il y a cinquante ans, mais c'est à l'étranger, surtout en Amérique, que les routes en béton se sont développées. C'est leur prix de revient qui empêche, ici, leur application à grande échelle; aussi s'est-on ingénié, par économie, à utiliser au mieux le ciment en le répandant à la surface au moment du cylindrage de la chaussée : on obtient ainsi un macadam-mortier beaucoup plus satisfaisant que le macadam ordinaire.

D'une manière générale, il semble utile de revêtir le béton d'enduits hydrocarbonés ou de mélanges bitumineux, ou même de silicate de soude; mais on peut aussi constituer des chaussées en bétons bitumineux et asphaltiques sur une fondation solide, assez peu perméable pour que les eaux souterraines ne viennent jamais jusqu'au revêtement, qui en souffrirait beaucoup. Pour la même raison, le revêtement doit être parfaitement comprimé et homogène. Il s'agit, ici, de revêtements, d'ailleurs très coûteux, qui n'ont rien de commun avec les revêtements en asphalte comprimé, employés à Paris par exemple, lesquels présentent le grave inconvénient d'être glissants en temps humide.

Le pavage. — Des revêtements plus minces, également bitumineux, peuvent protéger et améliorer les pavages, que l'on établira sur une fondation de béton, mais toujours avec une couche intermédiaire de sable, sans laquelle les pavés les plus durs se briseraient sous les chocs du roulage; les joints peuvent être faits au ciment, mais un liant bitumineux est bien préférable. Un pavage bien exécuté forme une chaussée idéale pour une circulation lourde.

Nous ne décrirons pas les méthodes ingénieuses qui permettent de choisir les meilleurs pavés. Il existe, en France, des pierres très résistantes comme les granites porphyroïdes des Vosges, mais il faut commander en Belgique (grès d'Yvoir-lez-Dinant, par exemple), et même en Suède, les pavés de choix que nous ne pouvons tirer de notre sol. L'Allemagne nous en envoie aussi, au titre des prestations en nature.

Aux Etats-Unis, on fabrique des briques vitrifiées, qui peuvent constituer de bons pavages et quelques usines céramiques en France se sont orientées dans cette voie. On fait aussi des pavés de béton dont les formes régulières permettent d'obtenir une surface parfaitement unie. Nous ne citerons que pour mémoire les pavages en bois, voire en caoutchouc, qui ne peuvent convenir que pour les voies urbaines. Au contraire, les pavages mosaïques, que tout le monde a pu voir à Paris, peuvent être employés sur les routes; ils sont formés de petits pavés que l'on peut tailler à la machine en utilisant les gros pavés que l'on a dû réformer.

Revêtement métallique. — On a imaginé des solutions beaucoup plus hardies. La plus originale (et peut-être la plus intéressante) consiste à doter les chaussées les plus fatiguées d'un revêtement métallique : la route Paris-Marseille, par exemple. Dans la pensée des auteurs de ce projet, la fonte employée pourrait servir, en partie, au gage de la monnaie fiduciaire : il existerait ainsi, à côté

de l'encaisse-or de la Banque de France, une encaisse-fonte de nos routes nationales.

D'ores et déjà, différents pavés métalliques, pleins au Mans, creux sur la route de Bondy à Rosny-sous-Bois, sont à l'essai. La fonte aciérée inventée par le colonel Herment, vers 1910, permettrait, semble-t-il, d'avoir des pavés allégés très solides; mais c'est l'acier qui permettrait d'obtenir, à égalité de résistance, les éléments les moins lourds, qui seraient remplis de béton, sur place.

L'inconvénient de tous les pavages, c'est la dénivellation des joints, toujours possible si l'on ne réussit pas à assembler les éléments de manière à constituer un tout déformable. Un revêtement bitumineux peut d'ailleurs empêcher le glissement. Dans certains terrains marécageux, on pourrait constituer, de cette manière, de solides plates-formes sur appuis régulièrement espacés. Le béton armé est un autre moyen d'employer le métal dans la chaussée, mais la récupération en serait beaucoup plus difficile que dans le cas des pavés de fonte.

Un autre procédé, renouvelé de certaines voies antiques, consisterait à disposer des chemins de roulement métalliques, ce qui suppose que toutes les roues sont au même écartement et que les véhicules marchent à la queue leu leu.

Statistiques

Les mérites respectifs des différentes chaussées ne peuvent ressortir que d'une comparaison entre les prix de revient et d'entretien, d'une part, et l'importance de la circulation, d'autre part.

Tant que les voitures étaient attelées, on comptait par « colliers ». On a gardé cette unité de mesure, mais on affecte chaque véhicule recensé d'un certain coefficient: une automobile particulière compte pour cinq colliers, un autobus pour un collier par cent kilogrammes, un vélocipède pour un vingtième de collier. On devrait s'attacher, semble-t-il à mieux tenir compte du poids, de la vitesse et de la puissance des automobiles; la puissance ayant une importance particulière, car avec elle croissent les actions destructives, notamment lors des démarrages et des freinages.

Les statistiques sont, d'ailleurs, discutables et c'est seulement pour fixer les idées que nous donnerons quelques chiffres qui résultent de confrontations entre divers documents.

En 1904, le nombre d'automobiles était, aux Etats-Unis, sensiblement égal à celui de la France, mais les Américains n'ont pas tardé à nous dépasser. Les Etats-Unis comptaient, à la fin de 1925, vingt millions de véhicules mécaniques dont un huitième était composé de camions; cette année-là, ils avaient fabriqué plus de 4 millions de véhicules représentant une valeur de 3 milliards de dollards, plus 1 milliard pour les accessoires et pièces de rechange, au total l'équivalent de 100 milliards de francs! Chaque année, le nombre des voitures en service s'accroît de 2 millions et l'on y compte maintenant une automobile pour 4 ou 5 habitants, tandis que cette automobile correspond à 12 habitants au Canada, à 15 en Australie, à 50 en Grande-Bretagne, à 110 en Allemagne, à 230 en Italie, de sorte que la France occupe encore un rang honorable en Europe avec un véhicule automobile pour 54 habitants. Ces chiffres se rapportent à la situation qui existait, il y a deux ans environ; le nombre des automobiles s'est sensiblement élevé, mais les proportions relatives ne se sont pas modifiées, croyons-nous.

Puisque la circulation sur les routes de notre pays se compte encore par colliers, nous dirons, pour donner une idée de l'importance des transports sur ces routes, que la circulation moyenne s'abaissa de 244 en 1851 à 206 en 1876, se releva, un peu, à 231 en 1894, date où l'automobile commence; on compte 384 colliers en 1913; un recensement de 1920-1921 accuse une réduction de 192 à 142 des colliers proprement dits, tandis que les colliers mécaniques passent de 192 à 392, au total 533 colliers. Depuis ce recensement, le nombre des automobiles en service a certainement plus que triplé, tandis que la puissance et le poids des voitures et des camions ont augmenté très sensiblement; et bien que les suspensions élastiques, les amortisseurs et les bandages aient été l'objet de perfectionnements notables, on peut estimer que l'usure de nos routes est dix fois celle de 1894 et serait encore plus sensible si des travaux, comme les goudronnages, n'étaient venus supprimer la poussière sur certaines sections, d'ailleurs renforcées.

Exprimés en francs stabilisés, les crédits devraient donc être cinquante fois plus élevés que ceux de 1894 exprimés en francs-or. En 1927, le Parlement a voté seulement dix fois le chiffre de 1894; le nouvel effort financier de 1928 est tout à fait insuffisant pour l'entretien convenable de notre réseau national, lequel serait dans un état lamentable, si nos ingénieurs n'avaient pas rivalisé d'ingéniosité et de science et tiré le meilleur parti des fonds que l'on pouvait mettre à leur disposition.

Dans cette revue des routes, nous devons dire un mot des voies urbaines, des rues de Paris notamment, qui sont légalement des routes nationa-

les, bien que la Ville les entretienne en grande partie sur ses propres ressources. Là encore se pose un problème financier bien difficile.

Rappelons seulement que : la circulation à sens unique, la circulation giratoire, la réglementation des stationnements, l'écoulement des voitures par le système des coupures, la réglementation de la coupure des files, la réglementation des traversées pour piétons, la suppression des voies de tramways dans les artères encombrées, le développement et le perfectionnement des signalisations optiques et acoustiques, la limitation de la circulation des véhicules à marche lente, la suppression de la maraude, la réduction du bombement des chaussées et, en général, de toutes les causes de dérapage, ont produit d'heureux effets. D'autres mesures plus radicales : élargissement de certaines rues, création de larges voies nouvelles aériennes et souterraines, chevauchement d'artères importantes, sont subordonnées aux possibilité financières.

Austostrade

A cet effet, on a songé à réserver aux automobiles des routes spéciales.

L' « autostrade » de 85 kilomètres entre Milan et le lac Majeur, de l'ingénieur Picro Paricelli, est le premier exemple d'une route spéciale pour automobiles.

Cette voie privilégiée passe à proximité des centres qu'elle dessert, mais n'y pénètre pas, aucune autre route ou chemin ne la croise de niveau; elle comporte aussi peu de tournants que possible et le rayon des courbes que l'on ne pouvait éviter ne descend pas au-dessous de 300 mètres. Réduites au minimum, les déclivités ne dépassent jamais 3 pour 100. La largeur est de 12 mètres pour le tronçon principal et de 10 mètres pour ses ramifications. La chaussée, de béton revêtu de bitume, couvre 750.000 mètres carrés et revient, ouvrages d'art compris, à 75 millions de lires.

L'Italie se propose de développer les autostrades.

Légalement, l'autostrade peut être assimilé à un chemin de fer. L'Etat fait déclarer l'utilité publique, accorde la concession, subventionne et contrôle; la Société concessionnaire construit, exploite, entretient et perçoit des péages ou des abonnements, en rémunération de ses services.

Les usagers peuvent aller plus vite avec sécurité; ils font en outre, des économies d'essence non négligeables : de 10 à 30 pour 100, d'après les Italiens. Cette constatation illustre ce que nous disions de la communauté d'intérêts entre les administrateurs de la route et les usagers; on y peut trouver aussi un sérieux argument en faveur des chaussées en béton recouvertes de bitume.

Un avantage accessoire, c'est de canaliser, en fait, l'unique catégorie des voitures rapides et puissantes. On a donc l'occasion d'étudier parfaitement l'action de ces véhicules et d'en tirer les meilleures règles d'entretien. Une partie du problème routier se trouverait ainsi résolue, selon la méthode de Descartes, qui consiste à diviser les difficultés pour les mieux vaincre.

On envisage, en France, diverses voies de ce genre; l'une entre Paris et la baie de Seine, comporterait des embranchements pour diverses plages.

Une telle entreprise est plus complexe, plus coûteuse, en tout cas, qu'un chemin de fer; elle exige des capitaux considérables, qu'on ne peut rénumérer que si la route nouvelle attire et développe un trafic intense. Ces routes spéciales pourraient cependant être très utiles pour dégager la circulation aux portes des villes et, d'autre part, pour permettre des transports industriels rapides dans certaines régions, Nord de la France et Belgique par exemple.

Ce sont surtout certaines transversales qu'il y aurait lieu d'aménager, puisque nos chemins de fer n'offrent guère d'autres relations commodes qu'avec Paris. On parle beaucoup de la lutte entre le rail et la route : en réalité, lorsqu'on analyse bien cette question, on s'aperçoit que la route et le chemin de fer se complètent. Nous venons de parler des relations transversales, que la route assure mieux (et que l'avion pourrait réaliser plus rapidement encore), il faut considérer aussi toutes les régions où le rail ne peut atteindre. Ainsi la voie ferrée, reine des longs trajets et des convois lourds et rapides, renoncera à ces ramifications tortueuses où elle se ruinait, lignes secondaires qui seront avantageusement remplacées par des transports automobiles, de sorte que la prospérité du chemin de fer principal n'aura pas à souffrir, bien au contraire.

L'avantage de cette liaison entre le rail et la route est manifeste aux colonies. Si le trajet est long, direct, si le rail est facile à établir, si le trafic à prévoir est considérable, faites un chemin de fer; sinon, faites une route et organisez des transports par automobile; mais que tout cela soit exécuté selon un plan d'ensemble avec des jonctions multiples et commodes.

Nos administrateurs et nos ingénieurs coloniaux s'y emploient et un programme très intéressant va recevoir un commencement d'exécution, en Afrique occidentale et à la Nouvelle-Calédonie, notamment.

POUR ÉVITER LES ACCIDENTS

Mais est-il bien nécessaire de prévoir des routes spéciales pour automobiles ? Le cheval de trait disparaît (il y a aux Etats-Unis moins de chevaux que d'automobiles) et toute grande route devra être aménagée pour les voitures rapides d'une part; pour les lourds camions automobiles, d'autre part.

La circulation rapide demande une signalisation convenable des obstacles et des directions.

A ce dernier point de vue, M. André Michelin a proposé une borne solide, aux indications précises et très visibles. Imaginez une borne romaine, la base en l'air : vous avez sur les quatre faces latérales de la table ainsi formée, la place disponible pour des inscriptions nettes dans quatre directions, cela à la hauteur qu'il faut pour être éclairées la nuit par les projecteurs des voitures.

La signalisation des automobiles elles-mêmes, indicateurs d'arrêt et de bifurcation, signaux sonores et projecteurs lumineux, improprement dénommés « phares » est également importante; l'éblouissement des conducteurs qui viennent en sens inverse est un très grave inconvénient qu'on n'évite guère qu'en coupant l'éclairage principal avant le croisement au moment où la lumière est bien nécessaire. En Amérique, on n'hésite pas à éclairer certaines sections de routes pour éviter les projecteurs aveuglants des voitures. Dans notre pays, qui est la patrie d'Augustin Fresnel, on doit faire mieux et l'on nous a suggéré diverses solutions fort intéressantes.

On aurait moins de signaux à entretenir si le dégagement des bifurcations, la suppression de passages à niveau, de tournants et virages, ainsi que d'autres obstacles, réduisaient les plus graves dangers de la route.

Le passage à niveau est le point où le risque est maximum, mais on ne peut songer à les supprimer tous; M. Moutier, ingénieur en chef du chemin de fer du Nord, a calculé que la dépense pour toute la France serait de 20 à 25 milliards, cela seulement pour les passages importants. C'est donc dans la signalisation qu'il faut surtout chercher le moyen d'éviter tout accident, mais toutes les localités importantes, traversées par les trains de chemins de fer, doivent avoir un projet de suppression de passage à niveau et s'efforcer d'acheter, à temps, les terrains nécessaires, non seulement au point à construire, ce qui est peu de chose, mais à ses approches, ce qui est autrement dispendieux.

Si la suppression des tournants et virages est un peu plus facile parfois, regrettons cependant que notre réseau routier n'ait pas eu des directeurs aussi inflexibles que ce tsar qui, en présence de diverses suggestions pour le tracé de la voie ferrée Saint-Pétesbourg-Moscou, mit tout le monde d'accord en traçant, de sa main impériale, la ligne droite que l'on peut voir sur la carte des chemins de fer russes, entre ces deux capitales.

Il est bon de noter qu'on s'ingéniait au contraire, — il n'y a pas quarante ans, — à remplacer les montées trop raides pour les chevaux, par des lacets qui permettaient de se passer de renfort. Les automobiles ont renversé l'intérêt réciproque des deux systèmes et, si les déclivités excessives restent condamnables, des rampes à 5 pour 100 de pente sont moins gênantes et surtout moins dangereuses que les virages, même les mieux relevés. Ainsi, l'automobile permet d'apprécier les longs alignements des routes royales.

A des besoins nouveaux, les ingénieurs adaptent les anciennes routes; ils ont obtenu, d'ores et déjà, des résultats extrêmement encourageants et particulièrement remarquables à côté de la modicité des crédits alloués. Mais pour continuer et parachever le réseau routier national, il faut appliquer jusqu'au bout cette méthode scientifique, qui conquiert progressivement toutes les industries, armature géométrique solide qui n'exclut ni la finesse, ni l'ingéniosité, auxquelles elle donne des bornes pour les mieux soutenir, qu'elle enferme, pourrait-on dire, pour les mieux utiliser.

L'automobile ne doit pas, non plus, être considérée comme une force de la nature, mais comme une machine qu'on peut améliorer; et les techniciens de l'un des deux systèmes, route et voiture, ne doivent pas se désintéresser de l'autre. Nos ingénieurs n'ont d'ailleurs pas la réputation d'avoir des œillères, leurs yeux et leur esprit sont largement ouverts sur l'ensemble du problème et, si le Trésor était aussi riche que leurs cerveaux, nous aurions bientôt les plus belles routes du monde.

Nous supportons encore le poids lourd des réparations de la guerre et nous pouvons faire beaucoup mieux pour que nos routes soient plus agréables. Il conviendrait, toutefois, de doter davantage le laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées, qui contrôle tous les matériaux nécessaires à l'exécution annuelle de plus d'un milliard de francs de travaux publics de toutes natures. Ce laboratoire officiel d'essais et de recherches, ouvert d'ailleurs aux particuliers, a un triple rôle à remplir : contrôle de la qualité des matériaux, étude de leur amélioration, réponse aux demandes de consultation ou d'avis que lui adressent journellement les représentants des services publics. Or,

ce laboratoire national ne dispose, pour le matériel et les dépenses diverses, que d'une somme annuelle de l'ordre de cinquante mille francs. Et si, en 1914, son directeur pouvait dire : « Tout ce qui a été dépensé au laboratoire depuis l'origine (des congrès internationaux de la route) ne représente pas le crédit affecté à Londres au laboratoire de la route pour six semaines », la comparaison serait encore plus saisissante aujourd'hui. Les dépenses de laboratoire resteront toujours cependant bien modestes en présence des intérêts en jeu et des économies qu'elles procurent. Le rôle du laboratoire grandit, on a le sentiment qu'il doit devenir l'organe central de coordination, non seulement des expériences et recherches diverses sur les matériaux, mais encore des méthodes de construction, d'entretien ou de réparation.

Edmond Marcotte.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Fréchet (Maurice). — **Les Espaces abstraits et leur théorie considérée comme Introduction à l'Analyse générale** (collection de monographies sur la Théorie des Fonctions, *publiée sous la direction de* M. Emile Borel. *Gauthier-Villars*, 1928).

L'exemple du Calcul des Variations éclaire assez bien les origines de l'Analyse Fonctionnelle. En calcul des Variations, la méthode classique consiste à ramener l'étude d'une fonction d'une ligne variable à celle d'une fonction d'un paramètre ordinaire. Il peut sembler plus direct et plus intéressant de traiter directement *la ligne* comme une variable indépendante. Une telle interprétation n'est pas nouvelle : il est naturel de regarder l'aire intérieure à une courbe fermée comme une fonction, ou plutôt comme une *fonctionnelle* de cette courbe, la somme d'une série comme une fonctionnelle de l'ensemble de ses termes. Le but de l'Analyse Fonctionnelle — ou, suivant l'expression adoptée par l'Auteur — de l'Analyse Générale est d'étendre à ces fonctionnelles, indépendamment de leurs natures particulières, les définitions et les procédés du Calcul Infinitésinal. Beaucoup de ces définitions ou de ces procédés reposent seulement sur les propriétés topologiques du champ de variation de la variable : aussi convient-il de donner comme base à l'Analyse Générale une étude topologique approfondie des champs de variation abstraits, ce qui est l'objet même du livre de M. Fréchet.

La Théorie des Espaces Abstraits doit d'abord comprendre un corps de définitions aussi semblable que possible, mais sous forme abstraite, à celui qui est à la base de l'Analyse classique; elle doit ensuite utiliser ces définitions de manière à généraliser les propositions fondamentales. Ce double travail de généralisation ne va pas sans difficultés; une des principales vient de ce qu'une même notion admet souvent plus d'une généralisation possible, ou différents degrés de généralisation. L'Auteur marque, dans son ouvrage avec un soin dont nous pouvons lui savoir gré, les étapes successives de ce travail de généralisation : la première partie du livre est consacrée à l'étude d'espaces, dits espaces (D), pour lesquels on peut attacher à chaque couple de « points » A,B un nombre (AB) ayant les propriétés de la distance[1]; la seconde partie est consacrée à des espaces plus généraux où ne subsiste plus que la notion de convergence — espaces (L) — ou celle de point d'accumulation définie au moyen des « voisinages » — espaces ($\mathcal{V}$).

Avant d'aborder l'étude des espaces (D), l'auteur donne un résumé intéressant de ses travaux sur la définition du *type de dimensions* des ensembles. Cette notion dérive immédiatement de celle d'homéomorphie, c'est-à-dire de transformation biunivoque et bicontinue entre deux ensembles. Un ensemble E aura un type de dimensions inférieur ou égal à celui d'un ensemble F s'il est homéomorphe à une partie de F. Les types de dimensions peuvent être entiers ou non, finis ou infinis. Des conventions simples permettent d'assigner les types 1, 2,... aux espaces géométriques ordinaires : droite, plan,... Les espaces (D) fournissent des exemples d'ensembles ayant un type de dimensions infini : il en est ainsi de l'ensemble polynomial (P), ensemble de tous les polynomes à coefficients réels. La notion d'ensembles bornés si importante dans les espaces à un nombre fini de dimensions, s'étend par la définition des *ensembles compacts* aux espaces ayant un type de dimensions infini : un ensemble est compact si chacun de ses sous-ensembles infinis admet au moins un point d'accumulation.

Une catégorie importante d'espaces (D) est celle des espaces *séparables*. Parmi les types de dimension de ces espaces, il en existe un qui est plus grand que tous les autres; ce type de dimensions est infini et égal à celui de l'espace (E_ω) dont chaque élément X est défini par une suite dénombrable de coordonnées $x_1, x_2,..., x_n,...$ — étant entendu qu'une suite $X_1, X_2,..., X^i,...$ tend vers X quand les coordonnées de X_i tendent respectivement vers les coordonnées de même rang de X. On peut y définir une distance par l'expression :

$$(X, Y) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!} \frac{(x_n - y_n)}{1 + (x_n - y_n)}$$

Plusieurs espaces très importants de l'Analyse Fonctionnelle sont séparables et ont même type de dimensions que (E_ω). Ce sont : l'espace (Ω) de Hilbert, l'espace (S) des séries convergentes, l'espace (A) des séries absolument convergentes, l'espace (I) des fonctions entières, l'espace (C) des fonctions continues, l'espace (Cp) des fonctions ayant une dérivée d'ordre p continue, l'espace (Ω_1) des fonctions de carré sommable, l'espace (M) des fonctions mesurables, l'espace (T) des courbes continues, l'espace (Σ) des surfaces continues. Ce type de dimensions peut d'ailleurs, pour des espaces (D) non séparables, être dépassé.

Après l'étude des ensembles dénombrables et non dénombrables de points dans les espaces (D), l'Auteur définit rapidement l'addition des types de dimensions, indique l'intérêt qu'il peut y avoir à consi-

1. Ces propriétés sont les suivantes :
(A,B) = (B,A) ≥ 0.
(A,B) = 0 si A et B sont confondus et seulement dans ce cas.
(A,B) ≤ (A,C) + (B,C) quels que soient A,B,C.
Enfin : la condition nécessaire et suffisante pour qu'une suite de points $A_1 \ldots A_p \ldots$ soit convergente et tende vers un point A est que $(A_p, A) \to 0$ quand $p \to \infty$.

dérer *localement* (avec M. Tietze) les types de dimensions, et aborde la catégorie des *espaces abstraits affines*, espaces (D) auxquels on peut associer « des entités jouissant de propriétés analogues à celles des champs de vecteurs. » Ces espaces comprennent comme ces particuliers ceux de MM. Banach et Wiener.

Les questions traitées dans la deuxième partie du livre se rattachent, comme nous l'avons dit, à la généralisation des notions de convergence et de voisinage. Les espaces (D), s'ils n'épuisent pas toutes les catégories possibles, comprennent les espaces fonctionnels les plus importants au point de vue pratique, c'est-à-dire ceux qui correspondent aux êtres mathématiques les plus usuels. La seconde partie de l'ouvrage de M. Fréchet a donc une portée surtout philosophique : elle ouvre des aperçus intéressants sur la nature de la généralisation, et met en évidence toute la richesse de notions courantes comme celles de distance, de convergence, de voisinages. Une première généralisation des espaces (D) est celle des espaces (L); on l'obtient à partir de cette remarque que la convergence d'une suite de points peut se définir indépendamment de la notion de distance, sous réserve que cette définition satisfasse aux deux conditions suivantes : si tous les éléments d'une suite sont identiques à a, la suite converge vers a; toute suite extraite d'une suite convergente est également convergente et tend vers la même limite. Les espaces (L) sont ceux où l'on peut définir la convergence en respectant ces conditions. On obtient une catégorie encore plus générale, celle des espaces ($\mathcal{V}$) en abandonnant la notion de convergence et ne retenant que ce qui est essentiel pour la définition des points d'accumulation. Dans les espaces ($\mathcal{V}$) cette définition s'exprimera au moyen des *voisinages*, les voisinages Va d'un point a étant des ensembles attachés à ce point et le comprenant. Une catégorie importante d'espaces (L) est celle des espaces accessibles (H) pour lesquels les conditions suivantes sont vérifiées. :

Tout point d'accumulation de E et point d'accumulation de tout ensemble contenant E;

Tout point d'accumulation de E + F est point d'accumulation de E ou de F;

Un ensemble réduit à un seul élément n'a pas de point d'accumulation;

Tout ensemble dérivé est fermé;

Les espaces (H) comprennent comme cas particulier les espaces de Hausdorff.

Après avoir mentionné encore quelques catégories d'espaces intermédiaires, l'Auteur termine par un examen rapide des principales propriétés de ces espaces. Ajoutons qu'à l'intérêt propre qu'il présente son livre joint celui de fournir une bibliographie extrêmement claire et complète; elle sera d'une grande utilité à tous ceux qui voudront approfondir ces questions et se documenter sur les démonstrations que M. Fréchet, désireux sans doute de mettre surtout en lumière la marche générale des idées, a systématiquement laissées de côté.

2° Sciences physiques.

Wärme-Kälte, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, *vol.* IX, *1re partie, du* Handbuch der Experimentalphysik, *publié par* Wien et Harms. — *1 vol. gr. in-8° de 484 pages, édité à l'Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig,* 1929 *(Prix : broché,* 42,60 *marks; relié,* 44,60 *marks).*

Ce volume, imprimé et édité d'une manière impeccable, comme tous ceux de la même encyclopédie, se compose de plusieurs parties d'importance très inégale. Il commence par l'étude de la production et de la mesure des hautes et basses températures, faite par H. Von Wartenberg en une quarantaine de pages : c'est un exposé substantiel de la question, mais véritablement par trop bref à certains moments; c'est ainsi que les fours à induction et la mesure des hautes températures par rayonnement sont quelque peu sacrifiés. La seconde partie est une étude théorique et expérimentale de la liquéfaction des gaz, par H. Lenz (140 pages). L'exposé est fort complet et très intéressant; l'expérience de John Thomson et ses conséquences se trouvent discutées à fond, et la technique de la liquéfaction est l'objet de descriptions détaillées. L'auteur nous documente en particulier sur les belles installations de Leyde et sur celles de la Reichsanstalt de Berlin, les seules (avec celle de Toronto au Canada) où l'on ait réalisé jusqu'à présent la liquéfaction de l'hélium. Les procédés de fabrication de l'air liquide par les diverses méthodes connues (Linde, Claude, etc.) sont l'objet d'une comparaison instructive. Nous nous permettrons seulement de regretter que, dans la partie historique, certains noms, celui d'Andrews par exemple, aient été omis.

La troisième partie (150 pages environ), due à Knoblauch et Reiher, traite du transport de la chaleur : le premier chapitre (Knoblauch) s'occupe de la conductibilité, les trois autres (Reiher) sont consacrés à la convection, au rayonnement et à certaines applications. L'exposé est fait par des techniciens et prend volontairement un caractère pratique : il intéressera beaucoup les ingénieurs qui s'occupent des questions de chauffage, sans être pour cela inutile aux physiciens.

Enfin la quatrième partie (139 pages) traite du Rayonnement et est due pour la première moitié à W. Wien, pour la seconde à Müller. La mort du regretté Wien, qui s'est produite l'an dernier, l'a empêché d'apporter la dernière main à l'exposé d'un sujet qui lui doit tant, et où son nom restera attaché à la fameuse loi du déplacement. Les premiers chapitres s'occupent des théories et des formules du rayonnement thermique; les suivants des mesures et des étalons, des vérifications des lois du rayonnement et des constantes du rayonnement. L'exposé est clair et l'on y reconnaît à chaque instant la compétence universellement reconnue de l'auteur et de ses élèves. C'est assurément une des parties les mieux venues de cet intéressant volume.

Eugène Bloch.

3° Sciences naturelles.

Schopfer (William H.). — **Recherches sur la Sexualité des Champignons. Le Problème de la biochimie comparée du sexe.** — *1 vol. in-8° de 183 p., avec 11 pl. hors texte, 25 fig. et 12 graphiques.* (*Extrait du* Bulletin de la Société botanique de Genève, *2e série, vol.* XX.) *Imprimerie Jent, Genève,* 1928.

Cet ouvrage est divisé en deux parties. Dans l'introduction de la première l'auteur rappelle que les progrès réalisés dans le domaine de la sexualité peuvent être rapportés à deux tendances : d'abord l'étude du sexe considéré comme caractère héréditaire, d'après les conceptions mendéliennes et les théories chromosomiques; ensuite, les recherches relatives à la nature endocrinienne de l'état sexuel et à la détermination hormoniale des caractères sexuels, dits secondaires. Or, depuis quelques années, il se manifeste une troisième tendance : on recherche à mettre en évidence des différences sexuelles, soit dans le métabolisme proprement dit, soit dans la constitution chimique des deux sexes. Dans cet ordre d'idées, et laissant de côté les travaux épars publiés depuis 1910, M. Schopfer étudie dans trois groupes distincts :

1° Les recherches relatives aux différences sexuelles dans le métabolisme des Mucorinées (Korpatchewska, Breslauer, Lendner, Satina et Blakeslee, etc.)

2° Les recherches relatives aux Sporozoaires et aux cellules sexuelles animales et végétales. (Joyet-Lavergne.)

3° Les recherches relatives à une réaction chimique caractéristique du sexe. (Manoïloff, etc.)

Des conclusions générales résument les faits essentiels qui résultent de tous ces travaux.

Dans une deuxième partie, très étendue, de ce volume, l'auteur étudie successivement dans trois chapitres : les conditions de formation des Zygotes, le dimorphisme sexuel biochimique, et la carotine de *Mucor hiemalis*. Il expose, sur ces sujets, les travaux de plusieurs savants et ses nombreuses expériences personnelles. Il explique qu'il a envisagé la sexualité en la considérant en rapport avec les phénomènes végétatifs, et que ce serait un travail considérable et plein de difficultés techniques, que d'étendre cette étude aux divers groupes d'êtres vivants, ce qui fait que les protozoaires et les champignons inférieurs sont les seuls groupes où les recherches systématiques ont été faites, surtout sur *Mucor hiemalis*.

Des conclusions générales et une bibliographie, citée et consultée, terminent cet important ouvrage, illustré de nombreuses figures, et qui sera très utile à consulter par tous ceux qui s'intéressent à ces problèmes si obscurs de la sexualité.

Dr G. D.

4° Sciences diverses.

Montandon (Dr Georges). — **L'Ologenèse humaine (Ologénisme).** — *Paris, Alcan,* 1928, *gr. in-8°,* XII + *478 p., 21 fig, 14 graph., 20 cartes, 3 cartes et 14 pl. hors texte. Prix :* 125 *fr.* (*sur vergé*), 200 *fr.* (*sur pur fil*).

Le beau livre du Dr Montandon est essentiellement un ouvrage à thèse. Les conclusions en sont étayées sur une documentation fort étendue.

Les deux thèmes fondamentaux des doctrines évolutionistes ayant trait à l'origine de l'Homme se ramènent aux concepts initiaux du monogénisme d'une part, du polygénisme d'autre part. Un fait d'observation courante, en matière de paléontologie, est l'apparition quasi-simultanée d'un même type morphologique en des régions fort diverses du globe. Les monogénistes expliquent cette constatation par l'effet de migrations, dont la rapidité est parfois troublante, bien que nous soyons mal placés pour juger de la valeur, en temps absolu, des échelles stratigraphiques. Les polygénistes admettent, contre toute vraisemblance, la production simultanée de formes identiques, d'origine différente, en ces contrées variées. Entre ces concepts absolus, inconciliables, l' « ologénisme » imagine la surface de notre globe comme un immense creuset, où s'élabore synthétiquement la genèse des espèces nouvelles.

Inutile donc d'étager hypothétiquement des centres de dispersion : les mêmes causes ont produit les mêmes effets partout sur le globe au même moment. Mais cependant si nous voyons aujourd'hui les océans communiquer tous largement entre eux, il n'en est point de même des continents.

Je sais bien que les milieux géologiquement isolés depuis le plus longtemps, tel l'Australie et les terres voisines, comportent pourtant à côté d'un vieux fond largement individualisé, quelques éléments biologiquelques affines de ceux des îles de la Malaisie. Et il en est de même de Madagascar vis-à-vis de l'Afrique. L'endémisme, même le plus nettement accusé, reste une notion de relativité.

Quoiqu'il en soit de ces idées théoriques, sur lesquelles il est possible d'épiloguer à perte de vue, l'ouvrage du Dr Montandon se présente comme une œuvre essentiellement originale, dont la structure fait un livre unique en langue française.

Forcément les divers sujets de l'Anthropologie s'y présentent avec des développements inégaux. Mais une excellente bibliographie, la meilleure, sur ce sujet, parue dans notre pays, en fait un ouvrage de caractère général, dont la connaissance s'impose à quiconque veut fixer son attention sur les grands problèmes de l'histoire de l'Humanité, qui sont les problèmes les plus passionnants du domaine des investigations de la Science.

L. JOLEAUD.
Professeur à la Sorbonne.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 25 Mars 1929.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Demay** : *Sur la teconique antestéphanienne du Plateau central français à l'est de la Loire.* — M. **René Bréhon** : *Observations sur les dépôts littoraux.* De même que les sables, les galets des plages de la Somme et du Pas-de-Calais ont été fournis par des roches cristallines très variées, dont il faut aller chercher les gisements en place dans le Sud-Ouest, à 250 ou 300 km., en Bretagne ou dans le Sud de l'Angleterre. Un échantillon trouvé par l'auteur permet d'imaginer la voie suivie par ces galets pour accomplir ce long voyage. Il s'agit d'un fragment de granulite portant solidement fixé à sa surface des fragments de *Fucus saccharinus.* Il est permis de concevoir qu'une pierre, pas trop pesante reliée à une algue de cette espèce est susceptible, sous certaines conditions d'équilibre, de constituer un ensemble qui pourra flotter dans l'eau de mer, comme l'auteur s'en est assuré expérimentalement. — M. **A. Vincent** : *Sur l'électrisation de vents chargés de neige.* Une petite antenne, soumise à un bombardement neigeux a été électrisée très fortement. La neige, d'une finesse extrême, étant primitivement sur le sol (il n'y a pas eu de chute de neige à ce moment), l'électrisation s'est produite du fait du soulèvement de la neige par le vent et l'on peut supposer qu'elle est due au frottement. — M. **P. Villard** : *Associations et formes de nuages.*—M. **Joseph Devaux**: *Mesure du facteur d'absorption de la surface de quelques glaciers pyrénéens pour les radiations solaires.* Si les glaciers étaient constitués de glace pure, non diffusante, limités par une surface plane, ils absorberaient environ 98 pour 100 des radiations solaires (le facteur de réflexion régulière est voisin de 0,02). La masse des glaciers étudiés est, en fait, très bulleuse, et, par suite, leurs surfaces, à échelle globale, doivent être dans tous les cas diffusantes. Cependant les valeurs relativement faibles du facteur d'absorption doivent être attribuées avant tout, à l'altération très importante de la surface des glaciers. — M. **I. D. Streinikov** : *Les conditions écologiques d'existence de la faune de la mer de Kara.* Les matériaux récoltés par l'auteur à bord du brise-glaces *Taymyr*, en 1921 lui ont permis de déterminer les facteurs écologiques qui agissent sur la composition et la distribution de la population animale marine. La lumière provenant du soleil qui ne se couche pas pendant les mois d'été, pénétre à travers la glace et permet aux algues de vivre, mais leur développement reste précaire. Dans la zone littorale ni algues ni animaux ne peuvent vivre. La zone sublittorale est, par le nombre d'espèces qui la peuplent, la plus riche et la plus variée. La distribution et la fixation des algues dépend aussi de la nature du fond. Celui de la mer de Kara est surtout vaseux et rocheux. — M. **C. Chabrolin** : *La pourriture de l'inflorescence du Palmier-dattier (Khamedj)*. Le *Khamedj* (pourriture) est une maladie parasitaire dont *Mauginiella Scaettae* Cav. est l'agent. L'auteur a montré que le *Khamedj* est indépendant de la redoutable maladie du *Baioudh.* Cette maladie a néanmoins une certaine importance pratique. Le *Khamedj* détruit en effet fréquemment toute la récolte des palmiers qu'il attaque. Le traitement qui mérite d'être vulgarisé, à cause de sa simplicité, consiste en un saupoudrage de la région du bourgeon terminal des palmiers-dattiers qui ont porté des inflorescences malades, avec un mélange de sulfate de cuivre pulvérulent (25 pour 100) et de chaux éteinte (75 pour 100). — M. **Jules Amar** : *Sexe et nutrition.* Toute cause, alimentaire, industrielle ou accidentelle capable d'affaiblir le phénomène nutritif de l'ovule, nuit à la descendance mâle. Les statistiques établies par l'auteur sur les populations italiennes et arabes, montrent que les aliments hydrocarbonés favorisent les naissances mâles. En Grèce et en Italie, où l'on consomme pâtes, riz, féculents, il y a excès de garçons. Ce genre d'alimentation diminue la quantité de toxines et d'acides que les viandes, au contraire, accumulent dans nos cellules, et il active la croissance. Le mode alimentaire influence donc le sexe, et celui-ci n'est donc point, ainsi qu'on l'avait cru, préformé. — M. **Serge Yourievitch** : *Les principaux caractères des mouvements oculaires.* L'auteur a enregistré avec le Cinégraphe oculaire plus de 20.000 mouvements de l'œil en faisant suivre à une dizaine de sujets, tantôt normalement, tantôt avec une vitesse maxima des lignes droites, des paraboles, des ellipses, des lignes brisées à angles différents, des surfaces, des lignes parallèles etc... Cette étude fait ressortir deux ordres de phénomènes d'égale importance, réalisant un complexus énergétique : 1° les arrêts et 2° les mouvements. Les caractères des mouvements et des arrêts diffèrent selon les déplacements horizontaux ou verticaux de l'œil. — M. **Jacques Pellegrin** : *Les Cichlidès de Madagascar.* L'auteur signale la découverte d'un Poisson de la famille de *Cichlidès*, trouvé à Madagascar et qu'il a baptisé *Paretroplus Petiti* nov. sp. L'étude des Cichlidès, Poissons de réelle importance au point de vue de la distribution géographique, montre que sur 6 espèces spéciales à la grande île, 3 ont des caractères africains, 3 autres ont des affinités surtout asiatiques, la dernière découverte *P. Petiti* établissant encore plus étroitement la liaison. — M. E. **Voisenet**: *Nouvelles recherches sur la nature de la substance qui, dans la maladie de l'amertume du vin, produit le goût amer.* L'auteur a tenté l'extraction de la substance amère, à partir d'un même vin de Bourgogne, authentiquement malade de l'amertume, contenant encore au moment de son emploi 0 gr.12 d'acroléine par litre et à saveur très amère. Il a obtenu un liquide à saveur très amère, constitué par un composé ternaire, dérivé de l'acroléine, qu'il fournit abondamment par oxydation ménagée, notamment sous l'action de l'acide permanganique. — MM. **H. Colin** et **Marc Simonet** : *Sur la fermentation visqueuse de la betterave gelée.* On sait que les betteraves gelées devien

nent rapidement gluantes au toucher, dès qu'elles sont exposées à une douce température. La matière visqueuse de la betterave gelée paraît n'être autre chose que la dextrane décrite par les auteurs et retirée des jus de sucrerie contaminés par le *Leuconostoc mesenteroïde*. Il est vraisemblable que beaucoup d'autres microorganismes facteurs de viscosité élaborent cette même substance aux dépens des sucres. — MM. **Ducloux, Rinjard** et Mlle **Cordier** : *Symbiose* in vivo *du virus claveleux et du virus aphteux*. Le virus aphteux et le virus claveleux peuvent se développer simultanément chez le même animal, l'œdème claveleux se révélant comme un milieu favorable à la multiplication du virus aphteux.

Séance du 15 *Avril* 1929.

3° Sciences naturelles. — M. **H. Parent** : *Sur l'existence en Provence d'une ligne de rivage de + 6 m. du Quartenaire récent*. On admet généralement que les lignes du rivage de la Méditerranée occidentale correspondent à quatre oscillations verticales principales, à sommets d'altitudes décroissantes : 90m, 55m, 30m, 15m, allant du Quaternaire ancien = Pliocène supérieur, au milieu du Quaternaire moyen = Quaternaire proprement dit. Il convient d'y ajouter une cinquième ligne de rivage décrite par l'auteur dans la présente note, ligne de rivage + 6m datant du Quaternaire récent = Néolithique. On peut désigner ce niveau, par suite de sa fréquence le long des côtes de Provence, sous le nom de *niveau provençal*. — MM. **Henrik Arctowski** et **Edward Stenz** : *Sur l'origine des poussières tombées en Pologne du 26 au 29 avril 1928*. Il n'y a aucun doute que l'Ukraine soit le lieu d'origine des poussières tombées en Roumanie et en Pologne, à l'état sec ou sous forme de pluie boueuse, produisant en même temps l'obscurcissement de la lumière du jour et des phénomènes optiques particuliers (feux de Saint-Elme). — M. **Joseph Devaux** : *Etude actinométrique de la pénétration du flux énergétique solaire à l'intérieur de quelques glaciers pyrénéens*. Les radiations solaires pénétrent dans la masse des glaciers : lorsque la glace est à 0°, l'énergie absorbée est utilisée à produire une fusion partielle de la glace, surtout au voisinage de la surface, qui devient poreuse. L'auteur a montré que, lorsque la surface était ainsi altérée, le facteur d'affaiblissement T, pour une profondeur déterminée, était bien plus grand que lorsque la surface n'était pas altérée. Le processus même de la destruction des glaciers par les radiations solaires constitue une protection de leur surface contre les dites radiations. C'est pourquoi l'auteur appelle ce phénomène la *défense radiothermique des glaciers*. — M. **Yossifovitch Mladen** : *Sur le mécanisme de la séparation des périthèces chez des Erysiphacées et le rôle des fulcres*. 1° Les expériences faites aussi bien au laboratoire qu'en plein air montrent que dans la nature la pluie seule est, d'une façon normale, capable de séparer les périthèces de leurs hyphes, et c'est par l'action mécanique de ses gouttes qu'elle agit. 2° Les fulcres, non seulement ne favorisent pas la dissémination des périthèces par le vent, mais bien au contraire ils annulent cette dispersion anémophile. Ces organes semblent bien plutôt avoir pour rôle de maintenir les périthèces, formes de conservation du champignon, le plus près possible de la plante hôte et de placer au printemps les ascopores à proximité du végétal nourricier. — M. **A. Maige** : *Rôle du cytoplasme dans l'amylogénèse*. Le cytoplasme non plastidal est susceptible par ses variations physico-chimiques d'exercer sur le phénomène de l'amylogénèse une action : 1° défavorable, en agissant d'une manière nocive, sur l'activité physiologique vitale du plasté ; 2° favorable, en déterminant une modification physico-chimique du stroma plastidal correspondant pour ce stroma à la réaction pluriloculaire qui exige pour l'amylogénèse un taux de sucre moins élevé ou une excitabilité amylogène moindre. — M. **Lucien Daniel** : *Résistance au froid des descendants de l'*Artemisia Absinthium *greffée sur le* Chrysanthemum *frutescens*. Au cours de l'hiver très rigoureux qui vient de s'écouler, l'auteur a pu observer la très grande résistance au froid des descendants de l'*Artemisia Absinthium* greffée sur le *Chrysanthemum frutescens*. Alors qu'un grand nombre d'espèces acclimatées ont été gelées, ces nouvelles espèces ont supporté sans périr un froid de — 21°. Ce fait montre que l'influence symbiotique s'exerce à la fois sur l'Absinthe épibiote et sur sa descendance. Il y a chez celle-ci, héritage d'un nouveau caractère acquis, c'est-à-dire de l'augmentation de rusticité de l'appareil aérien à la suite de son greffage, concurremment avec des changements du rythme de végétation. Ces faits permettent d'envisager une extension de l'aire d'acclimatation de l'Absinthe et probablement aussi d'autres espèces qui souffrent ou meurent sous notre climat par les froids rigoureux. — MM. **H. Lagatu** et **L. Maume** : *Le diagnostic foliaire et son degré de sécurité*. Les auteurs nomment *diagnostic foliaire* à un instant donné, l'état chimique, à l'instant considéré d'une feuille prise en place convenablement choisie ; le *diagnostic foliaire annuel* est constitué par la série des états chimiques de cette feuille, relevés par l'analyse à diverses époques réparties sur tout le cycle végétatif. Ce diagnostic est un test fidèle et sensible du mode d'alimentation, et on le trouve pratiquement identique en tous les points d'une culture préjugée identique. — M. **J. Vellard** : *Propriété des sécrétions cutanées de quelques rainettes des environs de Rio de Janeiro*. L'étude de la sécrétion cutanée chez cinq espèces de rainettes du Brésil, avec ce que l'on savait déjà de la toxicité de la rainette verte d'Europe, montre que la fonction venimeuse est aussi fréquente dans le groupe des *Hylidae* que chez les autres anoures et qu'elle s'y présente avec des caractères très variables suivant les espèces. — MM. **R. Fosse** et **A. Brunel** : *Sur le ferment producteur d'acide allantoïque par hydratation de l'allantoïne. Sa présence dans le règne animal*. Les végétaux ne sont pas les seuls êtres vivants capables de transformer l'allantoïne en acide allantoïque ; cette faculté appartient aussi à certains animaux : le ferment existe chez la Grenouille, chez de nombreux Poissons, chez les Crustacés et les Echinodermes. — M. **Georges Lakhovsky** : *La stérilisation de l'eau et des liquides par les circuits en métal en contact direct avec le liquide*. Le pouvoir bactéricide de l'argent est connu depuis longtemps. L'auteur désireux de vérifier l'action des métaux sur les microbes selon sa

théorie de l'oscillation cellulaire, suivant laquelle il a assimilé le noyau de chaque cellule ou microbe à un circuit oscillant à très haute fréquence, et sachant que la fréquence d'oscillation de chaque circuit est altérée par le contact d'une masse métallique, conclut que l'action bactéricide du métal est purement physique et due à l'altération de l'oscillation du noyau en contact direct avec le métal. Par ses expériences avec l'argent, l'auteur a montré que l'on a bien ainsi un nouveau procédé pour la stérilisation de l'eau, procédé simple et qui pourra rendre d'importants services.

Séance du 22 Avril.

3° Sciences naturelles. — M. **A.-P. Dutertre** : *Découverte d'ossements de Poissons dans le Dévonien du Boulonnais.* Les affinités que présentent les faunes ichthyologiques méso et néo-dévoniennes du Boulonnais et de la région atlantique de l'Amérique du Nord révèlent des relations entre les mers qui baignaient des contrées à ces époques ; l'étude comparative des faunes d'invertébrés confirme cette remarque. — M. **A. Paillot** : *La symbiose bactérienne et l'immunité humorale chez les Aphides.* La symbiose chez les Aphides, tout au moins chez certaines espèces de ce genre, paraît devoir être considérée comme un cas particulier d'immunité antimicrobienne déterminant un état d'équilibre stable entre l'insecte et son parasite. Cette conception nouvelle laisse supposer que l'équilibre peut être rompu et que des cas d'infection par la Bactérie symbiotique peuvent accidentellement se produire. Certains faits observés récemment tendent à le prouver. — M. **Armand de Gramont** : *Application de la vision binoculaire au repérage d'une direction.* — M. **Jean Timon-David** : *Action du brome sur les huiles d'insectes.* L'action du brome sur les huiles d'insectes permet de classer en plusieurs catégories : 1° Huiles donnant des indices d'hexabromures élevés (*Saturnia pernyi* Guer., *Pieris brassicae* L.). 2° Huiles donnant des indices plus faibles (*Colaspidema atra* Oliv., *Leptinotarsa decemlineata* Say., *Thaumetopea pityocampa* Sch.). 3° Huiles ne fournissant pas d'exabromures (*Ergastes faber* I., *Pyrausta nubilalis* Hubn.). Ces différences sont conditionnées par de nombreux facteurs physiologiques, dont les actions se superposent et s'ajoutent. On peut penser que l'alimentation joue un rôle d'une certaine importance ; d'autres facteurs, tels que la nymphose et la température du milieu, doivent aussi intervenir. — MM. **H. Wunschendorff** et **Ch. Killian** : *Nouvelles observations sur le métabolisme* de l'Ustulina vulgaris *L.* 1° Le poids de l'ammoniac total produit (NH^3 gazeux + sels ammoniacaux) est fonction du poids du Champignon. 2° A l'augmentation du poids du champignon correspond une diminution de l'acidité du milieu. 3° Un rapport constant existe entre l'azote fixé sur le champignon et son poids sec et cela seulement lorsque 50 p. 100 environ de l'azote total du départ ont disparu, le développement du champignon étant alors optima. 4° Au contraire lorsqu'il pousse dans ces conditions moins favorables les résultats sont différents. Ceci est le cas sur des milieux contenant trop peu ou trop de peptone, qui retardent sa croissance ou bien lorsque le mycélium, pour des raisons inconnues, reste à l'état submergé. — Mme **Phisalix** : *Sur quelques propriétés comparées des sérums antirabiques d'animaux vaccinés et celles des sérums antirabiques naturels.* 1° Tous les sérums antirabiques sont en même temps antivenimeux et doivent ce double pouvoir à l'existence de deux antigènes, l'un venimeux, l'autre rabique existant également dans le virus et les venins ; les sérums antivenimeux naturels ne sont pas tous antirabiques. 2° Ils se comportent tous comme le sérum des animaux vaccinés au moyen du virus rabique ; ils sont antitoxiques, préventifs et curatifs vis-à-vis des venins de Serpents, antirabiques et seulement retardant vis-à-vis de l'évolution du virus. 3° Pour un certain nombre d'espèces, mais, non pour toutes, il se constituent les facteurs principaux, et non les seuls, de l'immunité antivenimeuse et antirabique.

Séance du 29 Avril.

3° Sciences naturelles. — M. **M. Amstutz** : *Les conglomérats cristallophylliens du Mayombe, au Congo Français.* Dans la présente note l'auteur précise la nature des schistes à faciès conglomératique qu'il a signalés dans les environs de Boulou. Leur intérêt principal est d'établir une solution de continuité fondamentale entre ces deux complexes : le socle cristallin du Mayombe et l'ensemble des formations dites cristallophylliennes. — MM. **P.-L. Violle** et **A. Giberton** : *Propriétés antitoxiques du calcium vis-à-vis du sulfate de spartéine.* En prenant le Cobaye comme animal réactif, les auteurs ont prouvé expérimentalement l'action antitoxique du calcium vis-à-vis de la spartéine. Cette action peut expliquer l'action « anagotoxique » de certaines eaux minérales sur cet alcaloïde, telle que l'avait montrée Billard. Le pouvoir anatoxique des eaux minérales n'est donc pas toujours dû à la même substance, ce qui était à prévoir, puisque telle eau minérale, qui a une action antitoxique vis-à-vis de tel poison, ne l'a pas vis-à-vis de tel autre. Il serait intéressant de rechercher quel est l'élément actif, dans chaque eau minérale, qui s'est montré antitoxique pour un poison défini. — M. **Marc Bridel** : *Recherches sur les variations de coloration des plantes au cours de leur dessiccation. Le glucoside du* Lathraea clandestina *L. est l'aucuboside (aucubine)* : *Lathraa clandestina* renferme un glucoside dont la présence explique les phénomènes de noircissement de cette plante par dessiccation. L'auteur a réussi à obtenir ce glucoside à l'état cristallisé. L'étude des constantes de ce corps a montré son identité avec l'aucuboside de l'*Aucuba japonica* L. ; ce qui élargi encore la répartition de ce glucoside dans le règne végétal. — M. **Charles Pontillon** : *Sur la pigmentation du* Sterigmatocystis nigra *cultivé sar milieux gras.* La pigmentation jaune parfois observée chez *Sterigmatocystis nigra* cultivé sur milieux gras est la conséquence d'un déséquilibre du milieu de culture dû au mode même de la préparation du milieu minéral gélosé. — MM. **René Wurmser** et **Jean Geloso** : *Un dérivé du glucose constituant de l'équilibre d'oxydo-réduction des cellules.* Mme **L. Randoin** et M. **R. Lecoq** : *Rôle primordial de l'équilibre alimentaire dans l'utilisation du lactose.* 1° Un régime artificiel complet (avec levure de bière) renfermant, comme seule source de glucides, 66 p. cent

de lactose pur, n'assure nullement l'entretien du pigeon (mort vers le 25e jour). 2° En modifiant les proportions des principes nutritifs de ce régime, on peut obtenir un équilibre alimentaire permettant une meilleure utilisation du lactose pur par le Pigeon : un régime artificiel de composition analogue à celle du lait naturel (contient seulement 35 p. cent de lactose), et complété par 0,50 de levure de bière, permet l'entretien du Pigeon pendant cinq mois. 3° L'utilisation du lactose n'est donc pas uniquement conditionnée par la présence, dans le régime d'une quantité suffisante de vitamines B, mais elle exige encore la réalisation d'un équilibre alimentaire assez strict. — MM. **Edouard Chatton**, **André Lwoff** et Mme **Marguerite Lwoff** : *Les infraciliatures et la continuité génétique des systèmes ciliaires récessifs.* Le nom d'*infraciliature* a été donné par les auteurs à l'ensemble des blépharoplastes qui persistent à un état plus ou moins occulte après résorption ontogénétique ou disparition phylogénétique des cils. Des nouvelles observations faites par les auteurs se dégage *la notion d'infraciliature impliquant celle de continuité génétique des blépharoplastes.* Elle peut être rapprochée de celle acquise par les protistologues et les cytologistes, de l'origine, centrosomienne des éléments flagellaires ou ciliaires des Trichonymphines, des anthérozoïdes de certains Cryptogames vasculaires et Gymnospermes et des éléments tissulaires vibratiles des animaux. Ainsi prend corps une doctrine suivant laquelle, tout blépharoplaste provenant d'un blépharoplaste ou d'un centrosome préexistant, le système cinétique (cinétide) se comporterait dans l'énergie comme un système relativement autonome.

Séance du 6 Mai 1929.

3° Sciences naturelles. — **M. Y. Milon** : *Existence d'une formation marine éocène dans la dépression de Toulven (Finistère).* L'étude microscopique des formations gréseuses à plantes, qui couvrent les bords du bassin de Toulven, montre l'existence de nombreux microfossiles marins; Radiolaires, Spongiaires, etc. D'où les conclusions suivantes : 1° La dépression de Toulven a été envahie par la mer à l'Eocène; invasion qui a dû influer par suite, d'une façon définitive, sur le tracé du réseau hydrographique. 2° Dans le sud du Massif armoricain, d'autres dépressions ont eu une évolution analogue. L'océan a donc, dès l'Eocène, entamé en de nombreux points le rivage actuel. Il est probable que toutes les rivières digitées et petites mers intérieures (y compris le Morbihan) de la côte Sud existaient déjà à l'Eocène, et ont été envahies par la mer dès le début de l'époque tertiaire. — M. **Bruet** : *Sur un faciès particulier du Pliocène supérieur de la vallée de l'Aujon (Haute-Marne).* — M. **L. Cayeux** : *Conditions de la mer silurienne à Graptolites en Normandie.* Dans le but d'éclairer la question du milieu générateur des schistes et calcaires ampéliteux, l'auteur a étudié le Silurien supérieur rencontré dans un sondage profond exécuté à Danneville (Calvados). Quoique incomplète, la série traversée s'est montrée très riche en calcaires ampéliteux, alternant avec des schistes pétris de Graptolites sur une grande épaisseur. L'image qui paraît se dégager des faits observés est celle d'une mer de profondeur extrêmement faible, caractérisée par un plankton d'exceptionnelle richesse ne recevant de la côte que des apports véritablement négligeables, et susceptible d'engendrer des produits d'évaporation. Le régime répondant à cet ensemble de conditions, ne peut être réalisé qu'au large, loin de la côte, comme le démontrent la faune de Radiolaires, l'insignifiance du résidu du quartz, etc. — M. **J.-B. Charcot** : *Antarctide Sud-Américaine.* — MM. **G. Delamare** et **C. Gatti** : *Hyphomycète cultivable à grains blancs réniformes et durs* (Indiella americana). L'étude des grains d'un hyphomycétome du pied a permis de déceler un hyphomycète stérile, voisin d'*Indiella mansoni*, mais cultivable et susceptible d'être désigné sous le nom d'*Indiella americana.* Les auteurs en donnent une description et en indiquent les propriétés. — M. **Charles Richet** et Mme **L. Brauman** : *Action accélérante des sels de lanthane à doses très faibles sur la fermentation.* Les sels de lanthane, comme la plupart des sels métalliques, agissent, à doses minuscules sur la fermentation lactique en l'accélérant quelque peu. Si faible que soit cette proportion, d'un dix-millième de milligramme par litre, elle répond cependant à une énorme quantité de molécules, ce qui rend le fait moins invraisemblable qu'il ne paraît tout d'abord. — M. **Jules Amar** : *Le Tirage pulmonaire.* L'auteur appelle *Tirage pulmonaire* (TP) un chiffre exprimant le pouvoir d'appel respiratoire du thorax. On a TP $= \pi h$ où π représente le périmètre thoracique en inspiration forcée, h la hauteur du buste, et p le poids du corps en kilogrammes. Le *Tirage pulmonaire* résume la plupart des facteurs physiologiques de la puissance. — M. **Émile-F. Terroine** et Mlle **Thérèse Reichert** : *Influence de la ration saline sur la grandeur de la rétention azotée au cours de la croissance.* Les auteurs ont montré que si une ration minérale complète provoque une augmentation considérable de la rétention azotée pendant la croissance, chacun des éléments qui constituent le mélange salin n'exerce individuellement aucune action favorable. Ces faits prouvent, tout d'abord que la rétention traduit réellement une meilleure utilisation des substances protéiques alimentaires pour la formation des tissus et non une rétention temporaire d'un produit azoté excrémentiel; ils apportent, d'autre part, la preuve de la liaison des divers métabolismes entre eux et de la nécessité d'un équilibre entre les divers constituants de la ration. — M. **Gabriel Bertrand** et Mlle **C. Voronca-Spirt** : *Le titane dans les plantes phanérogames.* 1° Le titane se rencontre dans toutes les plantes phanérogames et il y en a généralement assez pour que l'on puisse le doser dans les divers organes (sauf exception, entre quelques centièmes de milligrammes et 5 à 6 mg. par kgr. de matière fraîche). 2° Comme dans le cas du Fe, du Mn, du Zn, etc., ce sont les parties vertes et surtout les feuilles qui sont les plus riches en métal. 3° Dans la partie aérienne de plantes annuelles entières, récoltées au moment de la floraison, la proportion de titane est voisine du milligramme par kilogramme à l'état frais. Si donc le titane est un élément physiologique comme le fer et le manganèse, c'est à la concentration du millionième environ du poids de la matière vivante qu'il intervient dans les phénomènes nutritifs des plantes phanérogames. — M. **E. Voisenet** : *Le*

divinyglycol *considéré comme agent de la saveur amère, dans la maladie de l'amertume des vins.* L'auteur donne la formule : $C^6H^{10}O^2$, les caractères et les constances physiques de ce corps. La formation dans les vins amers serait due à l'action hydrogénante exercée secondairement sur l'*acroléine* par les *réductases* présentes dans les vins et secrétées par les levures pendant la fermentation du moût de raisin. — MM. **Charles Nicolle, Charles Anderson** et **Pierre Hornus** : *Sur un nouveau spirochète d'un cas de fièvre récurrente du Maroc.* — MM. **Georges Blanc** et **J. Gaminopetros** : *Durée de conservation du virus de la dengue chez les Stégomyas. L'influence de la saison froide sur le pouvoir infectant.* 1° Des Stégomyas infectés de virus de dengue, peuvent vivre au moins 200 jours lorsqu'ils sont placés dans de bonnes conditions; ils gardent leur pouvoir infectant tant que la température est au dessus de 18°C, ils la perdent à une température plus basse. Le virus n'est cependant pas détruit puisque ces Stégomyas redeviennent infectieux lorsque la température moyenne remonte au-dessus de 18°. Ces moustiques peuvent transmettre la dengue au moins 174 jours après s'être infectés, c'est-à-dire qu'ils peuvent maintenir le virus d'une année à l'autre. 2° Des Stegomyas qui s'infectent sur un malade atteint de dengue ne deviennent infectants que lorsque la température moyenne est au-dessus de 18°. L'incubation de leur pouvoir infectant, à basse température (16°), peut être d'au moins 104 jours.

Séance du 22 Mai 1929.

3° Sciences naturelles. — M. **L. Genevois** : *Les variations de l'intensité respiratoire et de l'intensité de fermentation dans les tissus du Pois.* L'auteur a réalisé sur les mêmes cellules (cellules des cotylédons de Pois) les expériences suivantes : 1° Activation spécifique de la fermentation; 2° Inhibition spécifique de la fermentation; 3° Activation spécifique de la respiration; 4° Inhibition spécifique de la respiration. Sur des plantules de Pois, on constate que l'on obtient, dans les mêmes conditions, une inhibition de la respiration ou de la fermentation, mais jamais d'activation de ces fonctions. On peut admettre que les cotylédons possèdent des réserves de ferment respiratoire et de zymase; suivant les conditions où se trouvent placées les cellules, excès d'oxygène ou anaérobiose, c'est l'un ou l'autre ferment qui passe de la forme inactive à la forme active. — M. **Bounhiol** : *Sur la respiration en milieux suroxygénés.* Paradoxalement, dans une atmosphère trop riche en O, les animaux sont asphyxiés parce qu'ils ne peuvent plus fixer cet oxygène. Et ils sont d'abord intoxiqués, non par l'O lui-même, qui ne saurait être qualifié de toxique, mais par les produits d'une oxydation trop intense que leur synergie physiologique est impuissante à éliminer assez rapidement. Les animaux meurent d'une azotémie rapide et brutale. Pourtant les décharges azotée et carbonique se poursuivant, la reprise des oxydations est possible, mais tant que la proportion de O ne dépasse pas 40 à 50 pour 100 dans l'atmosphère pertubatrice. Pour des taux d'O considérable cette reprise est mécaniquement impossible. — M. **L. Lutz** : *Sur les ferments solubles secrétés par les champignons hyménomycètes. Les alcaloïdes et la fonction anti-oxygène.* Les alcaloïdes possédant un noyau phénolique ou quinoléique libre manifestent un léger pouvoir anti-oxygène, bien moins accentué d'ailleurs que celui des phénols. Les autres alcaloïdes, et en particulier ceux possédant une fonction phénolique éthérifiée, se montrent inactifs vis-à-vis des phénomènes de catalyse oxydante provoqués par les Hyménomycètes. Ce n'est donc pas dans cette voie qu'il convient de chercher l'explication du rôle des alcaloïdes dans les végétaux.

ACADEMIE ROYALE DE BELGIQUE

Séance du 2 Mars 1929.

Classe des Sciences

1° Sciences mathématiques. — M. **Th. de Donder** : *Théorie invariantive du calcul des variations* III. — M. **R. H. J. Germay** : *Sur une extension de la formule de Lagrange et son application à la résolution de l'équation de Gauss.* — M. **Y. Glivenko** : *Sur quelques points de la logique de M. Brouwer.* — M. **P. Stroobant** : *Compte-rendu des travaux exécutés par le Comité national d'Astronomie pendant l'année 1928.*

2° Sciences physiques. — M. **Edm. van Aubel** : *Sur la magnétostriction dans le bismuth.* Réclamation de priorité. — Mlle **L. de Brouckère** : *Sur l'adsorption des électrolytes par les surfaces cristallines.* II. Extension des précédentes recherches de l'auteur aux chlorures de Cd, Hg, Pb, et La. Dans tous les cas, l'adsorption apparaît comme un phénomène parfaitement réversible, conduisant à des équilibres dynamiques bien définis. Les anions et les cations sont adsorbés en quantités équivalentes. A la saturation, les isothermes d'adsorption se superposent non par ordre de valence croissante, mais par ordre de poids atomique décroissant du cation. Il n'y a donc aucune analogie, à ce point de vue, entre la coagulation des solutions colloïdales par les électrolytes et leur adsorption par les surfaces cristallines.

3° Sciences naturelles. — M. **P. Martens** : *Etude expérimentale des chromosomes sporocytaires dans le* Tradescantia. L'auteur a étudié les chromosomes maturatifs de *Tradescantia* principalement à l'aide des procédés d'observation vitale. Il les a trouvés composés d'un corps cylindrique fondamental dans lequel est inclus un second élément de nature filamenteuse, occupant la périphérie du premier et disposé plus ou moins régulièrement en spirale ou en zig-zag. Cette structure n'est pas modifiée par la solution de Ringer.

L. B.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche. Sens. — 8-29